ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»
Сибирский колледж транспорта и строительства

Методическое пособие
по выполнению практических работ

# ОП.04. ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ

для студентов специальности
08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений

Иркутск 2022 г.

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИрГУПС и соответствует оригиналу
Подписант ФГБОУ ВО ИрГУПС Трофимов Ю.А.
00a73c5b7b623a969ccad43a81ab346d50 с 08.12.2022 14:32 по 02.03.2024 14:32 GMT+03:00
Подпись соответствует файлу документа

РАССМОТРЕНО:
Цикловой методической
комиссией общетехнических
дисциплин и инженерной графики
«08» июня 2022 г.
Председатель: _____/Игнатенко Ж.С.

СОГЛАСОВАНО:
Заместитель директора по УВР
_____ /А.П.Ресельс
«09» июня 2022 г.

Разработчик:
С.И.Луцкин преподаватель ФГБОУ ВО ИрГУПС СКТиС
С.Н. Климова, преподаватель ФГБОУ ВО ИрГУПС СКТиС

Разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по специальности среднего профессионального образования 08.02.01Строительство и эксплуатация зданий и сооружений.

## Введение

В соответствии с учебным планом дисциплины «Основы геодезии» студентами специальности «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений»должны выполнить восемь расчётно-графических работ на сорока трех практических занятиях.

В методическом пособии приведены необходимые пояснения основных понятий; исходные данные и задания к каждой практической работе, примеры выполнения и оформления расчётных и графических частей работ.

Практические занятия проводятся с целью закрепить теоретические знания студентами: научиться пользоваться масштабами и освоить методики решения некоторых задач при выполнении работ по карте, приобрести практические навыки по чтению рельефа местности; овладеть методиками обработки полевых материалов при производстве теодолитной съёмки, технического нивелирования при полевом трассировании; приобрести навыки построения топографического плана, составления и проектирования продольного профиля, картограммы земляных работ.

Графические работы необходимо выполнять карандашом на чертёжной или миллиметровой бумаге на форматных листах в соответствии с ГОСТами. Другие требования по оформлению планов и заполнению ведомостей, журналов и дополнительные задания приводятся при необходимости в расчётно-графических работах.

С целью эффективного использования учебного времени на практическом занятии, студентами заранее дома должны выполняться самостоятельные работы, предусмотренные по отдельным темам.

## Оглавление

Введение ..... 3
Практическое занятие №1 ..... 5
Практическое занятие №2 ..... 9
Практическое занятие №3 ..... 14
Практическое занятие №4 ..... 16
Практическое занятие №5 ..... 19
Практическое занятие №6 ..... 22
Практическое занятие №7 ..... 25
Практическое занятие №8 - 9 ..... 28
Практическое занятие №10 ..... 32
Практическое занятие № 11-13 ..... 35
Практическое занятие № 14-16 ..... 40
Практическое занятие № 17 ..... 44
Практическое занятие № 18 ..... 47
Практическое занятие № 19-20 ..... 51
Практическое занятие № 21 ..... 53
Практическое занятие № 22 ..... 55
Практическое занятие № 23-25 ..... 57
Практическое занятие № 26-28 ..... 64
Практическое занятие № 29 ..... 67
Практическое занятие № 30 ..... 70
Практическое занятие № 31 ..... 71
Практическое занятие № 32 ..... 72
Практическое занятие № 33 ..... 72
Практическое занятие № 34 ..... 74
Практическое занятие № 35-36 ..... 75
Практическое занятие № 37-39 ..... 78
Практическое занятие № 40-41 ..... 83
Практическое занятие № 42 ..... 88
Практическое занятие № 43 ..... 90
Рекомендуемая литература ..... 94

## Практическое занятие №1

*Тема*: **Разграфка и номенклатура топографических карт**

*Цель работы:* Освоить методику получения и обозначения топографических карт с учетом заданных масштабов.

*Материалы и принадлежности:* Топографическая карт, индивидуально каждому студенту, схема рядов и колонн на территорию РФ.

*Содержание практического занятия*

1. Показать на схемах в пределах листа карты масштаба 1:1000000 расположение листов карт масштаба 1: 500000, 1:300 000, 1:200 000, 1:100000. Указать географические координаты углов рамок трапеций в градусах и минутах для каждого листа.
2. Определить номенклатуру листа карты заданного масштаба, если известны географические координаты точек расположенных на этом листе.

*Основные теоретические понятия*

Основой для разграфки топографических карт указанных масштабов является лист карты масштаба 1:1000000. Он получается в результате деления поверхности земного шара параллелями через 40° и меридианами через 6°.

***Параллель***-след сечения поверхности Земли плоскостью, параллельной экватору.

***Меридиан*** – окружность проходящая через северный и южный полюса Земли и перпендикулярная плоскости экватора.

***Колонна***- поверхность между двумя соседними меридианами. Колоны нумеруются слева направо от начального меридиана арабскими цифрами.

***Ряд***-поверхность между двумя соседними параллелями. Ряды обозначаются латинскими буквами к северу и югу от плоскости экватора.

Схема рядов и колонн представлена на Рисунке 1.

Таким образом, лист карты масштаба 1:1000000 имеет номенклатуру, Размеры рамок миллионного листа по широте $\Delta\varphi=4°$, по долготе - $\Delta\lambda=6°$.

Лист карты масштаба 1:500 000 получается в результате деления миллионного листа карты на четыре части (Рисунок 2), и каждая часть обозначается заглавными буквами русского алфавита.

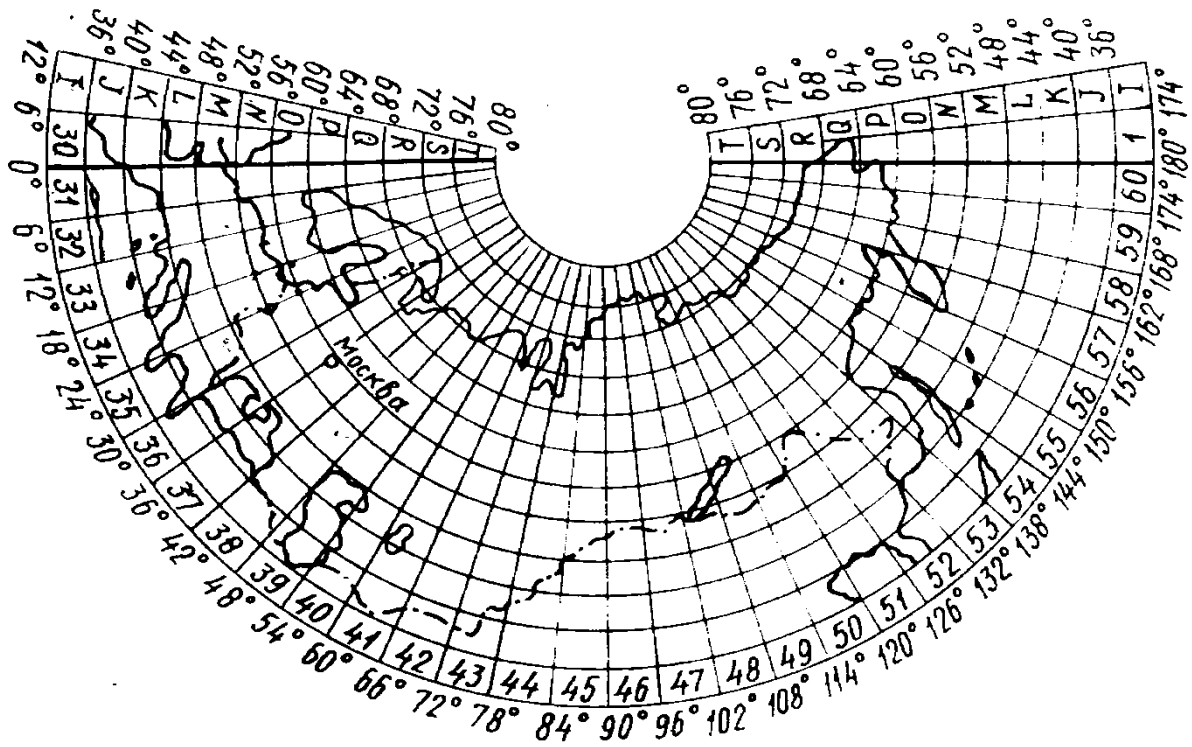



Рисунок 1. Схема рядов и колонн

Номенклатура листа карты масштаба 1:500 000 получается в результате добавления к номенклатуре листа карты масштаба 1:1 000 000 соответствующей буквы выбранного листа. Размер по широте - $\Delta\varphi=2°$, по долготе - $\Delta\lambda=3°$.

Листы карт масштабов 1: 1:200 000 и 1: 100 000получаются в результате деления листа карты 1:1 000 000 на соответственно 9, 36 и 144 части (Рисунок 2).

Листы карты масштабов 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000 получаются в результате деления предыдущего листа карты на соответствующее число. Так лист карты масштаба 1:50 000 получается при делении листа карты масштаба 1:100 000 на 4 части. При этом к номенклатуре полученного листа карты добавляются большие буквы русского алфавита.

Лист карты масштаба 1:25 000 получается приделение листа карты 1:50 000 на 4 части, каждая из которых обозначается маленькими буквами русского алфавита а, б, в, г.

Лист карты масштаба 1:10 000 получается при делении листа карты масштаба 1:25000 на 4 части. Части обозначаются арабскими цифрами 1, 2, 3, 4. Размеры рамок составляют $\varphi=2'30''$ ; $\lambda=3'45''$.

Лист карты масштаба 1:5 000 получается в результате деления листа карты масштаба 1:100 000 на 256 частей. Части обозначаются арабскими цифрами.

Лист карты масштаба 1:2 000 получается при делении листа карты масштаба 1:5 000 на 9 частей, которые обозначаются маленькими буквам русского алфавита от “а” до “и”.

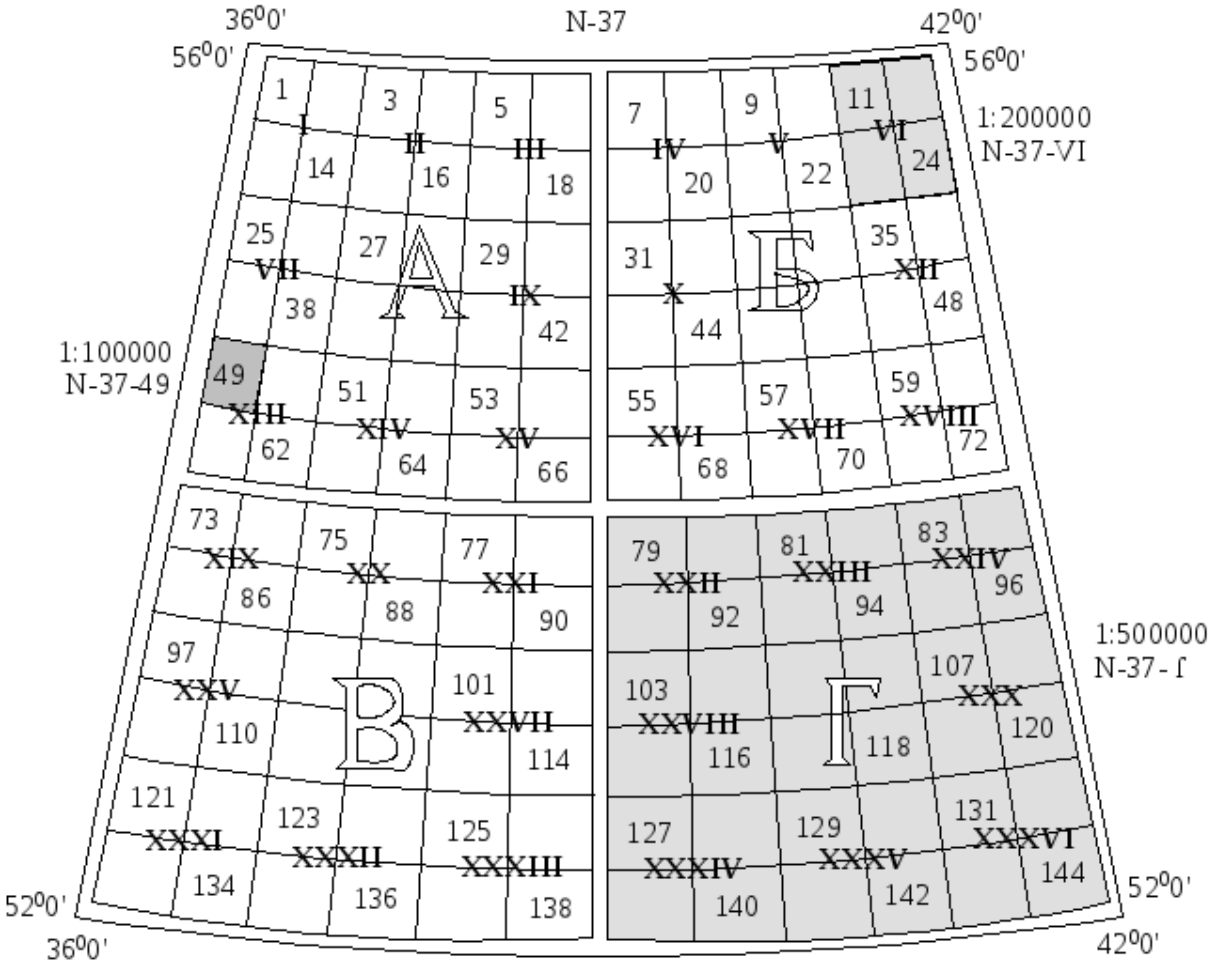



Рисунок 2. Расположение и порядок нумерации листов карт масштабов 1:500000, 1:200000,1:100000

Данные о размерах отдельных листов топографических карт в зависимости от их масштаба и образцы номенклатуры приведены в Таблице1.

Таблица 1.

| Масштаб | Размер листа | | Образцы номенклатуры |
|---|---|---|---|
| | по широте | по долготе | |
| 1:1 000 000 | 4° | 6° | М-41 |
| 1:500 000 | 2° | 3° | М-41-А |
| 1:200 000 | 40′ | 1° | М-41-XXX |
| 1: 100 000 | 20′ | 30′ | М-41-60 |
| 1:50 000 | 10′ | 15′ | М-41-60-Б |
| 1:25 000 | 5′ | 7′30″ | М-41-60-Б-г |
| 1:10 000 | 2′30″ | 3′45″ | М-41-60-Б-г-1 |
| 1:5 000 | 1′15″ | 1′52.5″ | М-41-60-(256) |
| 1: 2000 | 25″ | 37.5″ | М-41-60-(256-и) |

*Порядок выполнения работы*

Решение задачи №1 сводится к выбору из соответствующего рисунка с вариантом "своей" номенклатуры.

Например. Необходимо показать, как получается лист масштаба 1:10000 с номенклатурой Р-47-144-Г-г-3. Схема определения показана на Рисунке 3

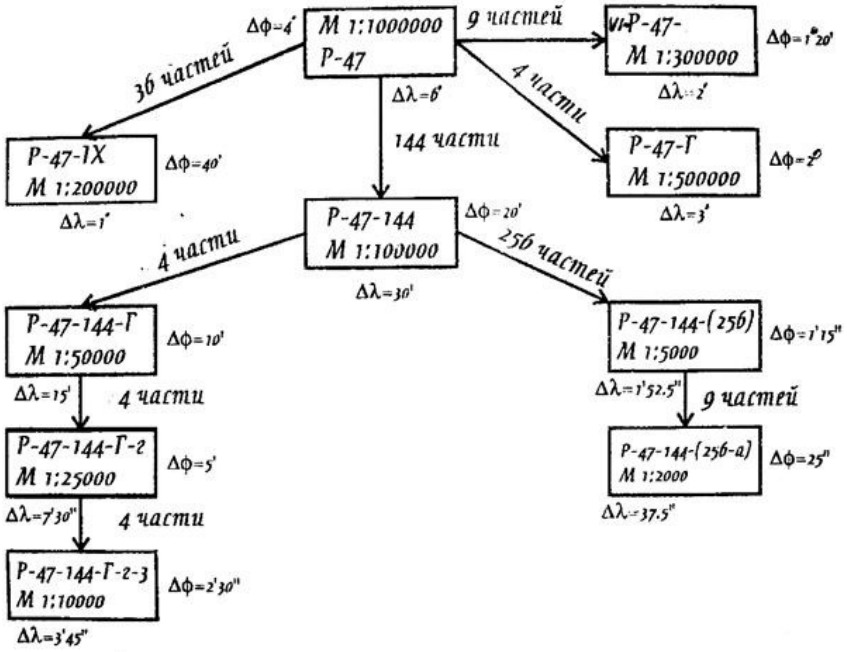



Рисунок 3. Схема определения масштаба 1:10 000
с номенклатурой Р-47-144-Г-г-3

Задачи №2. Требуется определить номенклатуру листа карты масштаба 1:100 000, на котором находится пункт с широтой φ = 54°22′ и долготой λ = 36°15′.

Определяем к листу к какому листу миллионного масштаба относится данный лист. Для этого разделим долготу и широту на соответствующие значения размеров листа согласно таблице 1.

$36°15' \div 6° = 6 + (15'\text{востатке})$ – значит номер зоны в котором находится лист равен 7, а номер колонны на 30 единиц больше, т.е. 37. (см. Рисунок 1)

$54°22' \div 4° = 13 + (2°22'\text{востатке})$ – значит номер пояса 14. Что соответствует букве N латинского алфавита. Следовательно номенклатура миллионного листа N-37. (см. рис.1)

Так как долгота западной рамки этого листа равна 36°, а длина рамки листа масштаба 1:100 000 равна 30′ (см. Таблицу 1), то имеем

$$\frac{36°15' - 36°}{30'} = 0{,}5$$

Значит, лист масштаба 1:100 000 лежит в 1 колонне листа N-37. (Рисунок 2)

По широте северной рамки последнего (φ = 56°).аналогично находим

$$\frac{56° - 54°22'}{20'} = 4 + (18' \text{востатке})$$

Значит, требуемый лист лежит в пятом горизонтальном ряду листа N-37. Откуда номер листа масштаба 1:100 000 будет 49. Значит номенклатура искомого листа N-37-49.

*Контрольные вопросы:*

1. Лист карты какого масштаба составляет основу разграфки и номенклатуры топокарт в РФ?
2. Топографические карты, каких масштабов применяются в нашей стране?
3. Что называется номенклатурой и Разграфкойтопокарт.
4. Как получают листы карт М 1:1.000.000, 1:500.000, 1:200.000, 1:100.000, 1:50.000,1:200.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000.
5. Что такое Ряд и Колонна?
6. Что такое карта?
7. Что такое План?

## Практическое занятие №2

*Тема*: **Масштабы карт и планов. Построение линейного и поперечного масштаба**

*Цель работы:* Ознакомиться с картами и планами разных и масштабов, понять их назначение. Научиться измерять и откладывать расстояния на планах и картах, строить линейный и поперечный масштабы.

*Материалы и принадлежности:* Топографическая карта, индивидуально каждому студенту, чертежные принадлежности, калькулятор, циркуль-измеритель.

*Содержание практического занятия*

1. Решение простейших задач с численным масштабом.
2. Построить линейный масштаб с нормальным основанием, для численного (задается преподавателем). Отложить на линейном масштабе линию заданной длины.
3. Построить поперечный масштаб с нормальным основанием, для заданного численного.Отложить на поперечном масштабе отрезки, длина которых берется по заданию.

*Основные теоретические понятия*

При составлении планов и измерении на них отрезков линий пользуются масштабами.

***Масштабом плана (карты) М*** называется отношение длины отрезка на плане или карте (l) к соответствующей ему горизонтальной проекции на местности (L), т.е. это степень уменьшения натуральных величин при изображении их на планах и картах:

$$\mathrm{M} = \frac{l}{L}$$

***Масштабы бывают численными и графическими*** (линейными и поперечными).

Дробь, числитель которой равен единице, а знаменатель - числу m, показывающему, во сколько раз уменьшены на плане горизонтальные проекции отрезков линий местности, называется ***численным масштабом.***

Например, 1:1000, 1:5000 и т.д. Чем больше знаменатель численного масштаба, тем масштаб считается мельче и наоборот. Формулу для вычисления масштабов можно выразить следующим образом:

$$\mathrm{M} = \frac{l}{L} = \frac{1}{m}$$

Читаются численные масштабы так: в одной единице длины на плане, карте содержится m таких же единиц на местности.

**Внимание**! Важно знать, что ЧИСЛЕННЫЙ МАСШТАБ − ВЕЛИЧИНА ОТВЛЕЧЕННАЯ И НЕ ЗАВИСИТ ОТ СИСТЕМЫ (ЕДИНИЦ) ЛИНЕЙНЫХ МЕР.

Численные масштабы являются основой для построения графических – линейных и поперечных − масштабов, предназначенных для упрощения или повышения точности графических работ на планах и картах.

Графические линейные масштабы позволяют перевести линейные единицы в масштабные и наоборот без проведения дополнительных расчетов

***Линейный масштаб*** – это шкала, т.е. прямая линия длиной 8-10 см, разделенная штрихами на равные отрезки длиной 1-2 см, называемые основанием масштаба (**δ**).

Для построения линейного масштаба (Рисунок 4) на прямой несколько раз откладывают один и тот же отрезок **δ** (основание масштаба) 1-2 см.

Крайний левый отрезок делят обычно на 10 равных частей. У концов каждого основания подписываются числа, которые в заданном масштабе указывают длину соответствующих линий в натуре в нарастающем порядке от нулевого деления основания слева на право.

Определение расстояний: измерителем на плане определяем длину линии (в створ) и переносим на линейный масштаб таким образом, чтобы правая ножка измерителя касалась одного из концов оснований, а другая находилась в левой части масштаба, разделенной на короткие отрезки.
(Рисунок 4)

Недостаток линейных масштабов заключается в том, что доли наименьших делений на них оцениваются на глаз.

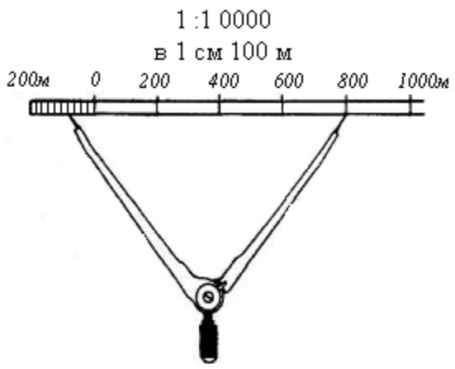



Рисунок 4.

Для более точного построения и измерения отрезков пользуются ***поперечными масштабами***. Поперечный масштаб позволяет существенно повысить точность графических работ на планах и картах. Достигается это за счет разделения коротких отрезков линейного масштаба на несколько (обычно на 10) более мелких частей с помощью простых геометрических построений (Рисунок 5):

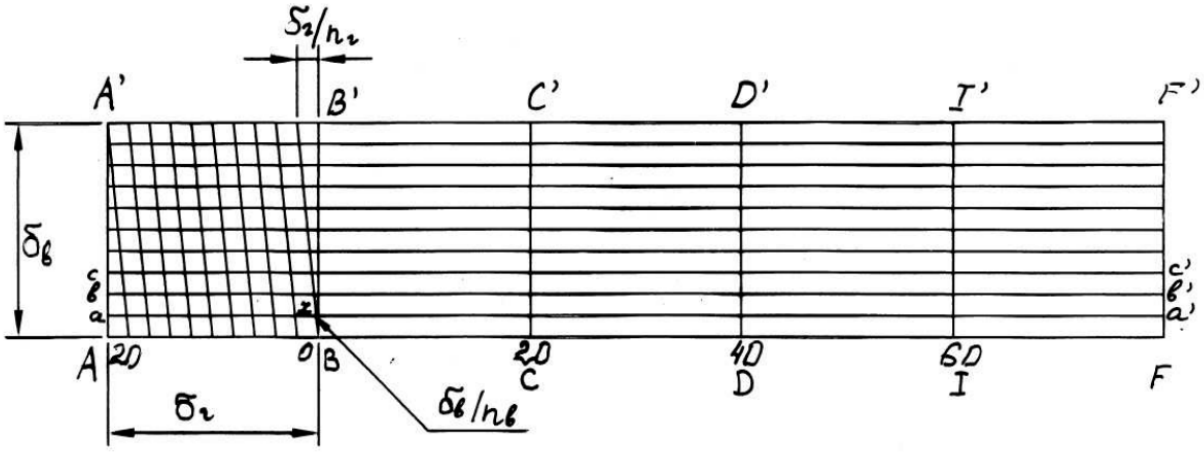



Рисунок 5. Поперечный масштаб 1:1000

Для этого от нижнего основания масштаба – прямой линии AF, разделенной на отрезки равной длины AB, BC, CD, DI, IF и т.д. (по 1-2 см, как горизонтальное основание масштаба **δг** ), восстанавливают перпендикуляры AA’, BB’, CC’, DD’, II’, FF’ (от конца каждого горизонтального основания) равной длины по 2-5 см, как вертикальное основание масштаба $\boldsymbol{\delta_B}$.

Вертикальное основание AA’ (FF’) делят на отрезки Aa, ab, bc… (обычно их количество $n_в$ равно 10) равной длины и проводят параллельные горизонтальному основанию линии aa’, bb’, cc’ и т.д. Крайнее левое горизонтальное основание $\boldsymbol{\delta_Г}$ AB (нижнее) и A’B’ (верхнее) также делят на произвольное, но одинаковое число равных частей ($n_Г$=10) и соединяют наклонными прямыми линиями начало каждого короткого отрезка нижнего

основания (от нуля) с концом соответствующего короткого отрезка верхнего основания.

Перед использованием поперечного масштаба определяют величину его наименьшего деления. Из Рисунка 5 следует, что наименьшее деление ***x*** на линии аа', параллельной горизонтальному основанию масштаба AF, определяется из подобия прямоугольных треугольников с основаниями (**$\delta_Г$/$n_Г$**) и ***x***:

$$x : \frac{\delta_В}{n_В} = \frac{\delta_Г}{n_Г}; \qquad x = \frac{\delta_Г}{n_Г \times n_В}$$

Таким образом, если горизонтальное основание поперечного масштаба $\delta_Г = 2$ см и оба основания разделены на равное количество делений,

например, $n_Г = n_В = 10$ , тогда x = 0,01 $\times \delta_Г$ = 0,01 × 2 см = 0,2 мм.

Не сложно показать, что наименьшее деление на горизонтальной линии bb' масштаба будет равно 2x = 0,02$\delta_Г$, на третьей линии cc' - 3x = 0,03$\delta_Г$ и т.д. (см. Рисунок 5), т.е. каждый следующий меньший отрезок отличается от предыдущего на 0,01 горизонтального основания масштаба.

Масштаб, у которого горизонтальное и вертикальное основания равны и оба разделены на 10 частей, называется нормальным поперечным (сотенным) масштабом. Среди других поперечных масштабов он является наиболее удобным для работы.

*Порядок выполнения работы*

Задача 1.Отрезком какой величины на плане (*l*x) масштаба 1:2000 изобразится линия, имеющая в натуральной величине (на местности) длину 78 м?

Для решения задачи воспользуемся формулой

$$\text{М} = \frac{l}{L} = \frac{1}{m}$$

и проведем соответствующие преобразования этой формулы и вычисления длины линии на плане *l*x:

$$l_x = \frac{L \cdot 1}{m} = \frac{78}{2000} = 0{,}039 \text{ м} = 39 \text{ мм}$$

Ответ: длина линии на плане *lx* составит 39 мм.

Задача 2. Какой длины *Lx* в натуральную величину будет линия, изображенная на плане (карте) масштаба 1:5000 отрезком длиной 42 мм?

Для решения обратной задачи вновь воспользуемся формулой

$$\text{М} = \frac{l}{L} = \frac{1}{m}$$

и проведем соответствующие преобразования этой формулы и вычисления длины линии на местности Lx:

$$L_x = \frac{m \cdot l}{1} = \frac{5000 \cdot 0{,}042}{1} = 210 \text{ м}$$

Ответ: длина линии на местности *Lx* составит 210 м.

Задача №3. Построить линейный масштаб для масштаба 1:10000.

На рисунке 4 изображен линейный масштаб 1:10000, т.е. в одной единице длины плана содержится 10000 таких же единиц длины на местности, или в 1 см (мм, м, км и т.д.) плана содержится 10000 см (мм, м, км и т.д.) на местности (в 1 см плана содержится 100 м на местности, т.к. 1 м=100 см).

Основанию масштаба *δв* 2 см соответствует 200 м длины на местности, крайний левый отрезок масштаба разделен на 10 равных частей, длина каждого короткого левого отрезка в 10 раз меньше, чем основание масштаба δ, что соответствует 20 м длины на местности. Из этого следует, что длина линии на местности *Lx*, взятая в створ измерителя, равна:

Lx= 4 больших отрезка (δ) по 200м + 4 малых отрезка по 20м = 880м.

Задача №4. Определить длину линии между точками на карте в масштабе 1:1000 используя поперечный масштаб.

Для определения натуральной длины линии между точками на карте, переносят эту линию K'L' раствором циркуля с карты на линию нижних оснований поперечного масштаба так, чтобы правая игла совместилась с одной из вертикалей (20), а левая игла попала бы в пределы крайнего левого основания (в пределах от 20 до 0), разделенного на мелкие части. Затем перемещают обе иглы вверх до момента, когда левая игла попадет на ближайшую наклонную линию сетки масштаба (точка K), правая игла будет находиться на прежней вертикали (в точке L), и обе иглы будут располагаться на одной из горизонтальных линий масштаба либо параллельно им (Рисунок 6).

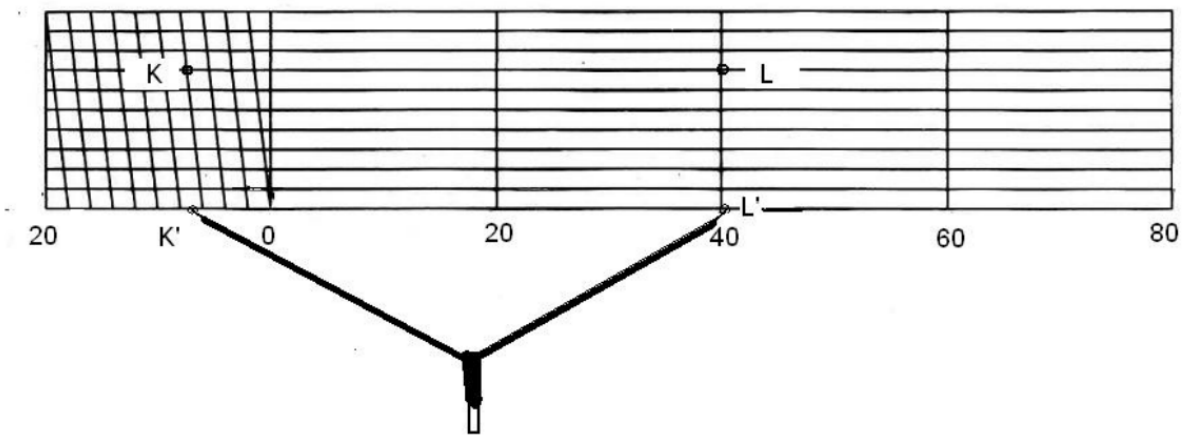



Рисунок 6. Определение длины линии с помощью поперечного масштаба 1:1000

Искомую длину линии KL получим путем суммирования расстояний от правой иглы до левой иглы циркуля:

- в делениях поперечного масштаба и в миллиметрах

2 ×20 мм + 3 × 2 мм + 7 × 0,2 мм = 47,4 мм;

- в метрах, после перевода длины линии из масштаба 1:1000 в натуру, 47,4 м.

Длину линии KL можно определить и без промежуточных вычислений, зная, какой длине в натуральную величину соответствуют деления поперечного масштаба:

2 деления ×20 м + 3 деления × 2 м + 7 делений × 0,2 м = 47,4 м.

*Контрольные вопросы*

1. Что называют числовым масштабом?
2. Что называют линейным масштабом, его основанием? К его строят? Показать на примере.
3. Какие масштабы приняты для карт и какие для планов?
4. Для чего существует поперечный масштаб? Как его строят?
5. Привести примеры на использование поперечного масштаба.

## Практическое занятие №3

*Тема*: **Условные знаки карт и планов**

*Цель работы:* Закрепить навыки работы с условными знаками плана и карты. Научиться вычерчивать основные условные знаки.

*Материалы и принадлежности:* Топографическая карта, индивидуально каждому студенту, чертежные принадлежности, Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500

*Содержание практического занятия*

1. Ознакомиться с основными видами условных знаков. Составить таблицу.
2. Кодировка условными знаками текста.
3. Начертить простой план, используя условнее знаки.

*Основные теоретические понятия*

Условные знаки, изображающие ситуацию местности, подразделяются на ***площадные, внемасштабные, линейные и пояснительные*** (Рисунок 7).

***Площадные*** или ***масштабные*** условные знаки служат для изображения объектов, занимающих значительную площадь и выражающихся в масштабе карты или плана. Площадной условный знак состоит из знака границы объекта и заполняющих его знаков или условной окраски. Контур объекта показывается точечным пунктиром (контур леса, луга, болота), сплошной линией (контур водоема, населенного пункта) или условным знаком соответствующей границы. Площадные условные знаки позволяют не только найти расположение объекта, но и оценить его линейные размеры, площадь и очертание.

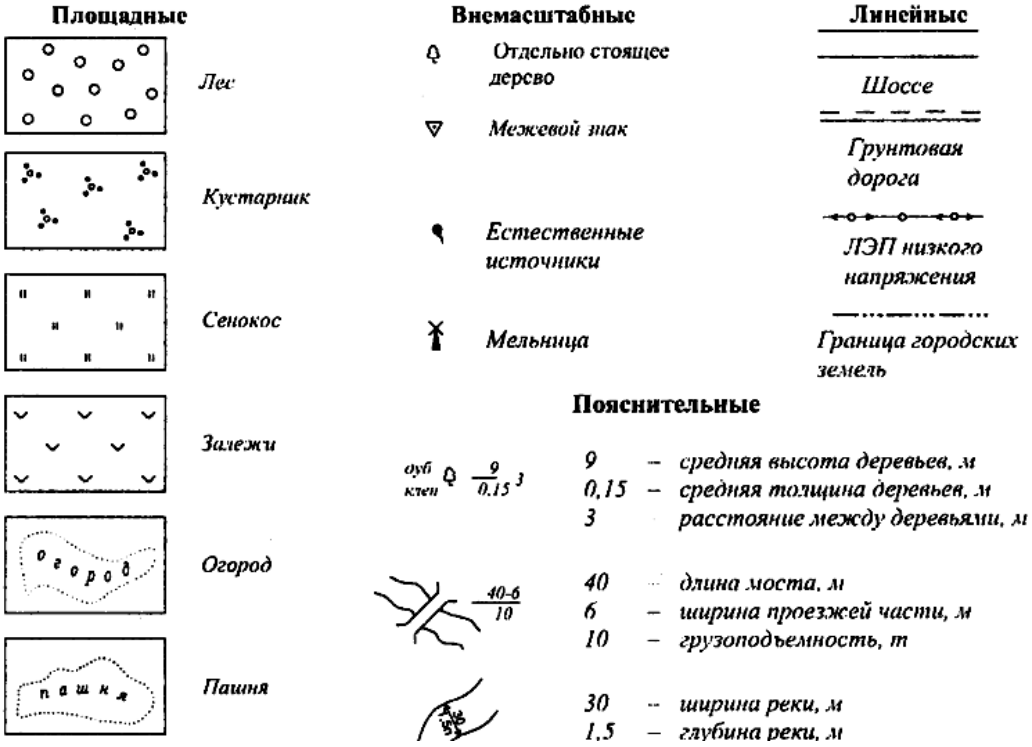


Рисунок 7. Типы условных знаков.

***Внемасштабными*** называют такие условные знаки, которыми предметы местности изображаются без соблюдения масштаба карты или плана (например, отдельно стоящие дерево, километровый столб, колодец и т.д.). Эти знаки не позволяют судить о размерах изображаемых местных предметов. Положению предмета на местности, соответствует определенная точка знака.

***Линейными*** условными знаками называются знаки, изображающие протяженные объекты на местности. (Например, железные, автогрузовые дороги, ручьи, границы и т.д.). Длина таких объектов выражается в масштабе карты, а ширина на карте – вне масштаба.

***Пояснительные*** условные знаки служат для дополнительной характеристики изображаемых на карте местных предметов (например, длина. Ширина, грузоподъемность моста, высота деревьев в лесу и т.д.).

Различные надписи и собственные названия объектов на картах также носят пояснительный характер; каждая из них выполняется установленными шрифтом и буквами определенного размера.

Рельеф местности на топографических картах и планах изображается следующими методами: *методами штрихов, отмывки, цветной пластик, отметок или горизонталей*.

*Порядок выполнения работы*

Задача №1. Выполнение задачи сводится к заполнению таблицы условных знаков. Условные знаки выбираются из учебного пособия

«Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500». Всего каждого вида необходимо выбрать по 5-6 знаков.

Задача №2. Выполнение задачи сводится в вычерчивании в цветы фрагмента карты или плана. Фрагмент выдается преподавателем.

Задача №3.Закодируйте условными знаками текст:

От**пристани**на**реке**мы пошли по**деревянному мосту**до**поселка**. Прошли мимо**школы**,**фабрики** и вышли на**шоссе**. Пересекли его и пошли вдоль**железной дороги**мимо**фруктового сада**. Скоро начался**смешанный лес**. Выйдя к**линии электропередачи**, мы свернули на**просеку**, прошли мимо**дома лесника**, через**овраг**. Наконец, лес расступился и мы вышли к**болотистому**берегу**озера**. Пройдя через**луги**,**кустарник**, мы увидели**родник**– цель нашего пути!

Решение этой задачи сводится к выбору соответствующего знака из учебного пособия «Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» и вставки в основной текст.

*Контрольные вопросы*

1. Что такое условный знак? Приведите примеры
2. Какие условные знаки бывают? Приведите примеры.
3. Назначение условных знаков и требования предъявляемые к ним.
4. Типы условных знаков.
5. Масштабные условные знаки.
6. Внемасштабные условные знаки.
7. Линейные условные знаки.

## Практическое занятие №4

*Тема*: **Чтение рельефа по карте и решение задач: определение отметок точек, вычисление уклонов линий. Построение профиля по линии, заданной на карте.**

*Цель работы:* Приобрести практические навыки по чтению рельефа местности, изображённого горизонталями; определению отметок точек, уклонов линий и построению профиля по заданному направлению по карте.

*Материалы и принадлежности:* Учебные топографические карты М 1:10000 (из расчёта одна карта на студента) с заданными тремя точками А, В, С, соединёнными линиями в треугольник.

*Содержание практического занятия*

1. Чтение рельефа по карте.
2. Определить отметки точек на карте с горизонталями.
3. Определить уклоны линий.

4. Построить профиль по линии, заданной на карте.

*Основные теоретические понятия*

На топографических картах для изображения рельефа применяется *способ горизонталей* (Рисунок 8).

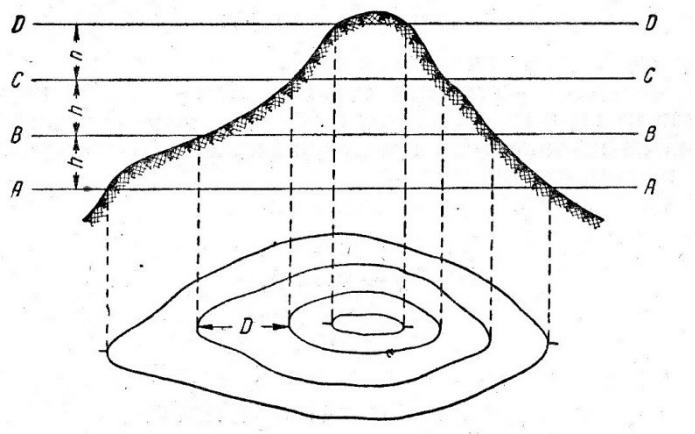



Рисунок 8.Построение горизонталей

***Горизонталью*** называется кривая линия, соединяющая точки с равными отметками на местности.

Горизонтали получаются как проекции на горизонтальную плоскость линий сечения местности уровенными поверхностями, равноудалёнными друг от друга.

На Рисунке 8 изображение рельефа холма дано с помощью горизонталей. Если мысленно рассечь этот холм горизонтальными поверхностями АА, ВВ, СС, ДД, то линии, полученные от пересечения этих поверхностей с земной поверхностью, спроецированные на горизонтальную плоскость и будут горизонталями.

На планах и картах необходимо определить изображённые формы рельефа, понижение или повышение его. Это возможно по отдельным подписанным отметкам горизонталей или по бергштрихам, представляющих собой чёрточки-штрихи, проведённые перпендикулярно к горизонталям в направлении вниз по скату, т.е. в сторону понижения рельефа.

Рельеф в природе состоит из различных сочетаний основных форм, каждая из которых имеет свои особенности. Основные формы рельефа земной поверхности, следующие: гора, котловина, хребет, лощина, седловина (Рисунок 9).

На Рисунке 9 показаны отличительные особенности форм рельефа по бергштрихам. Но для решения инженерных задач по карте необходимо знать отметки горизонталей. Они всегда кратны высоте сечения рельефа «h».

***Высотой сечения*** рельефа называется отвесное расстояние между соседними горизонталями.

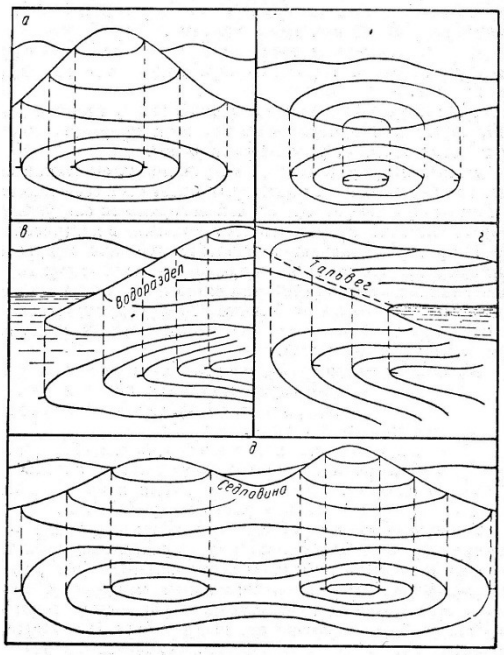



Рисунок 9. Основные формы рельефа земной поверхности

На учебных топографических картах h = 2,5 м, отметки отдельных горизонталей подписаны кратно 5 или 10 м. Определить отметки любой горизонтали легко, используя бергштрихи и зная правило их подписи: *цифры отметок горизонталей ставят основанием в сторону понижения рельефа.*Поэтому, понижение или повышение местности можно установить от однойподписанной отметки горизонтали на карте.

*Порядок выполнения работы*

Выполнение заданий 1-4 по расчётным и графическим частям этих пунктов практического занятия подробно изложены в главах методического пособия к расчётно-графической работе по теме: «Задачи, решаемые на картах», разработанного преподавателем геодезии СГМКСиП Н.А. Лобановой.

*Контрольные вопросы*

1. Что называется горизонталью? Высотой сечения рельефа?
2. Что называется отметкой точки?
3. Какие существуют основные формы рельефа?
4. По каким признакам можно различить формы рельефа?
5. Как читается правило подписи горизонтали?
6. Как определяются отметки горизонталей?
7. Как определяется отметка точки, лежащей между горизонталями?
8. Что называется уклоном линии, как он определяется?
9. В какой последовательности строится продольный профиль линии, заданной на карте с горизонталями?
10. В каких двух масштабах строится профиль?
11. По какой формуле определяется отметка линии условного горизонта?

**Практическое занятие №5**

*Тема*: **Определение географических и прямоугольных координат точек заданных на топографической карте.**

*Цель работы:* Приобрести практические навыки определять географические и прямоугольные координаты по планам и картам.

*Материалы и принадлежности:* Учебные топографические карты М 1:10000 (из расчёта одна карта на студента) с заданными тремя точками А, В, С, соединёнными линиями в треугольник.

*Содержание практического занятия*

1. Определить местоположение точек (А, В, С) по географическим координатам.
2. Определить местоположение точек (А, В, С) по прямоугольным координатам.

*Основные теоретические понятия*

Положение точек земной поверхности на карте и плане определяется координатами. Наиболее употребительны географические и прямоугольные координаты.

Географическими координатами являются широта и долгота точки.

***Географической широтой φ***, точки М называют угол, составленный отвесной линией, проходящей через эту точку, и плоскостью экватора. Широты бывают северные и южные, изменяются от 0° (на экваторе) до 90° (на земных полюсах).

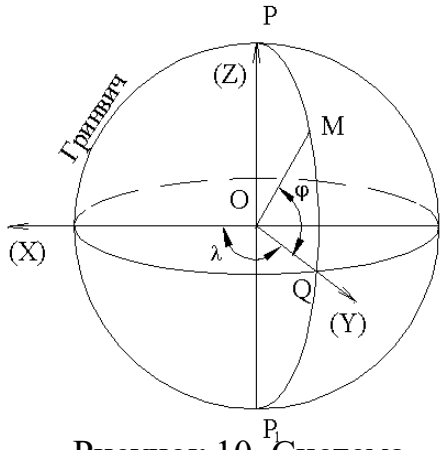


Рисунок 10. Система географических координат

***Географической долготой λ*** называют двугранный угол, заключенный между плоскостью меридиана, проходящего через эту точку, и плоскостью начального меридиана (Рисунок 10). Долготы бывают восточные и западные, изменяются от 0° (на начальном - гринвичском меридиане) на восток и на запад до 180° (на тихоокеанской ветви гринвичского меридиана). Линия, проходящая через точки с одинаковыми широтами, называется ***параллелью***, а с одинаковыми долготами - ***меридианом***.

Границами листов карт среднего и крупного масштабов являются с запада и востока - отрезки меридианов МРиР, а с севера и юга - отрезки параллелей (П). Каждый меридиан имеет заданную долготу, а каждая параллель - заданную широту, которые подписывают в углах карты (Рисунок 11).

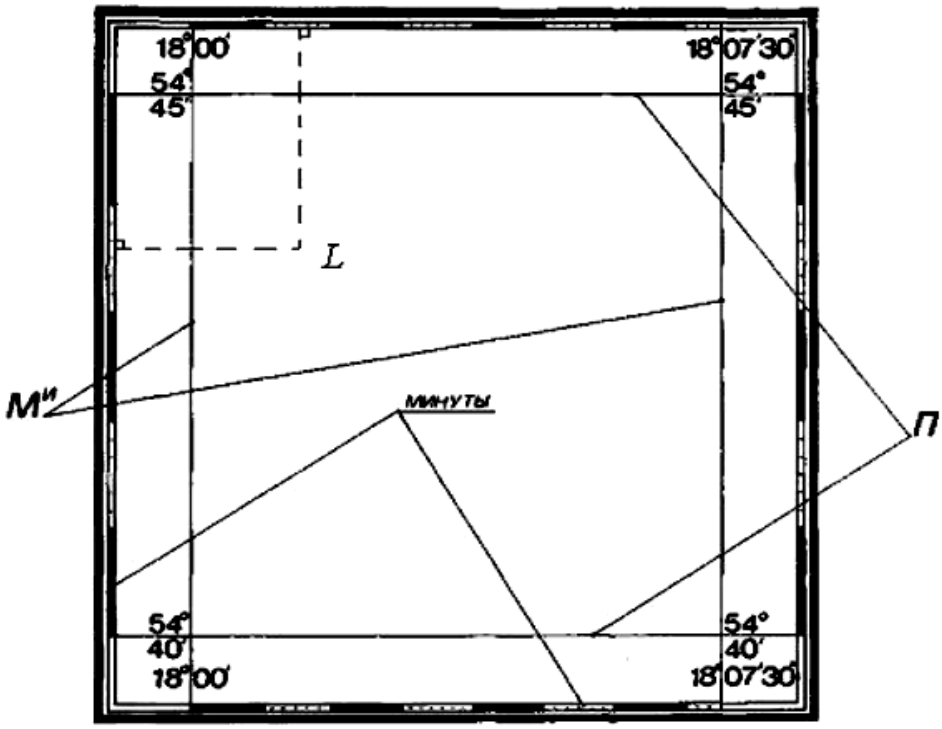



Рисунок 11. Рамка карты ($М^{и}$ – истинные меридианы, П – параллели)

Рядом с внутренней рамкой карты расположена минутная рамка, одно деление которой (светлые и темные отрезки) соответствует одной минуте по широте φ и долготе λ. Для определения географических координат опускают перпендикуляры из заданной точки на ближайшие стороны минутной рамки.

***Прямоугольные координаты*** в геодезии применяются при изображении ограниченной части (позволяющей не учитывать сферичность Земли) поверхности сфероида на плоскости.

Для составления карт применяют проекцию Гаусса. Поверхность земного эллипсоида делят на зоны, протяженность которых 6° по долготе (Рисунок. 12, а). Всего 60 зон. Начало координат в каждой зоне принимают в точке пересечения среднего меридиана с экватором (Рисунок12, в). Средний меридиан зоны принимают за ось абсцисс (0Х-осевой меридиан). Изображение экватора в виде прямой (ОУ), перпендикулярной к осевому меридиану, принимают за ось ординат (Рисунок 12, б).Абсциссы к северу от экватора принимают положительными, а к югу – отрицательными. Ординаты, отсчитываемые на восток от осевого меридиана считают положительными, а на запад – отрицательными.

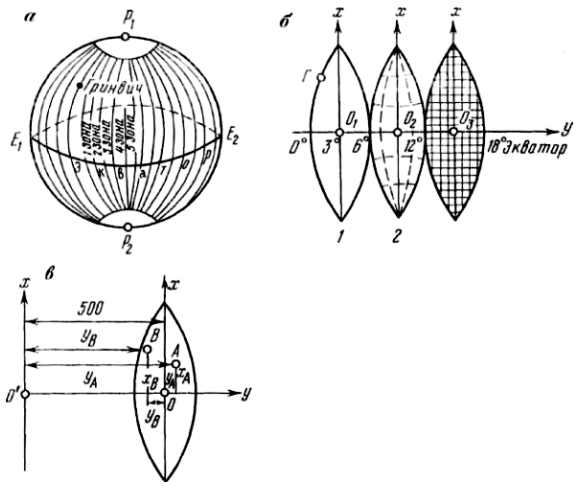



Рисунок 12. Зональная система прямоугольных координат

В каждой зоне своя система координат. Чтобы не иметь в пределах зоны отрицательных ординат, осевому меридиану зоны присваивают ординату +500 км (см. Рисунок 12, в). Таким образом, подпись координатной линии, параллельной оси OX 60324, означает, что эта линия проходит в 60 зоне на расстоянии:Y = Y – 500 км = 324 – 500 = -176 км, т.е. в 176 км к западу от осевого меридиана (например, точка В на Рисунке 12, в). Соответственно подпись на оси 11584 означает, что данная координатная линия расположена в 11 зоне на расстоянии 84 км к востоку от осевого меридиана.

Подпись координатной линии 8565, параллельной оси OY, означает, что эта линия расположена на расстоянии 8565 км к северу от экватора.

Для определения прямоугольных координат точек на карте нанесена сетка квадратов (Рисунок 13). Вертикальные линии сетки параллельны оси абсцисс (X), горизонтальные линии параллельны оси ординат (Y). Координаты сетки квадратов подписывают в километрах.

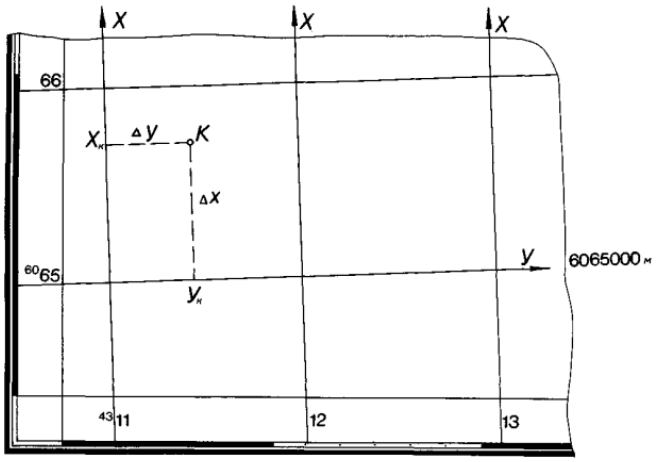



Рисунок 13. Определение местоположения точки по прямоугольным координатам

*Порядок выполнения работы*

Задача№1. Определить местоположение точек (А, В, С) по географическим координатам.

Для определения местоположения точек (А,В,С)по географическим координатам опускают перпендикуляры из заданной точки на ближайшие стороны минутной рамки.

Например: φ для точки L равна 54°43′36″, а λ равна 18°01′32″(см рис.11).

Задача №2. Определить местоположение точек (А, В, С) по прямоугольным координатам.

Для определения местоположения точек (А,В,С) по прямоугольным координатам X, Y необходимо на карте найти километровые линии, соответствующие значениям X,У. От соответствующей горизонтальной линии сетки (OX) вверх в масштабе откладывают оставшуюся величину координаты X в метрах. От соответствующей вертикальной линии сетки (OY) вправо откладывают оставшуюся величину координаты Y в метрах. Из полученных точек строят перпендикуляры вправо и вверх, пересечение перпендикуляров определит местоположение точки с координатами X, Y.

Например, X=6065745, Y = 4311423 - координаты точки А. Следовательно, точка находится на расстоянии 6 065 км 745 м (X) от экватора и в 4 зоне в 188,577 км (500-311,423) западнее от осевого меридиана зоны (Y).

Все результаты определения координат записываем в Таблицу 2.

Таблица 2

| точки | φ, ° ′ ″ | λ, ° ′ ″ | X, м | Y, м |
|---|---|---|---|---|
| А | | | | |
| В | | | | |
| С | | | | |

*Контрольные вопросы*

1. Что такое зона.
2. Сущность проекции Гаусса.
3. Почему применяют 6-и градусные зоны.
4. Система плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса.
5. Что понимают под географической широтой, долготой ? (φ; λ;)

## Практическое занятие №6

*Тема*: **Определение дирекционного угла заданной на карте линии, вычисление ее истинных и магнитных азимутов и румбов.**

*Цель работы:* Приобрести практические навыки определять дирекционные углы и румбы направлений по картам и планам, а также вычислять истинные и магнитные азимуты.

*Материалы и принадлежности:* Учебные топографические карты М 1:10000 (из расчёта одна карта на студента) с заданными тремя точками А, В, С, соединёнными линиями в треугольник.

*Содержание практического занятия*

1. Определить дирекционные углы, румбы и азимуты заданных направлений на карте (АВ, ВС, CD).

*Основные теоретические понятия*

***Ориентированием*** линии на местности называется определение ее направления относительно какого-либо другого направления, принимаемого за начальное. За начальные принимаются направления (Рисунок 14): N - истинного (географического) меридиана, $N_м$ - магнитного меридиана либо $N_o$ - осевого меридиана зоны, т. е. оси Ох или линии, ей параллельной. В зависимости от выбранного исходного направления ориентирным углом может быть азимут (**А, $А_м$**), румб или дирекционный угол (**α**).

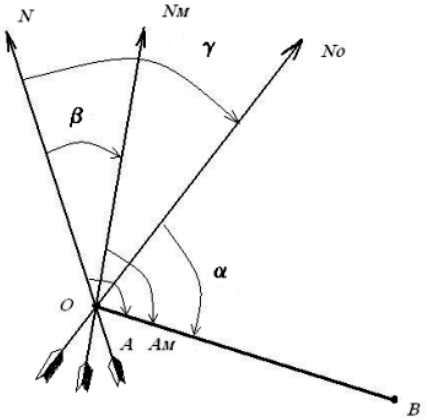



Рисунок 14. Ориентирование линии на местности

***Азимутом*** называют горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до заданной линии.

Если угол, отсчитывают от истинного меридиана *N*, он называется ***истинным азимутом*** (***А***); от магнитного меридиана $N_м$ – ***магнитным азимутом*** ($А_М$); от осевого меридиана *No* (или оси абсцисс X) - ***дирекционным углом*** (**α**).

***Румбом*** ($r_1$, $r_2$, $r_3$, $r_4$) называют острый горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана (северного или южного) до данной линии (Рисунок15). Румбы, как и азимуты, могут быть истинными и магнитными. Существует связь между азимутами и румбами (Таблица 3).

***Дирекционным углом*** (***α***) называется горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или линии, ему параллельной (на плане это вертикальные линии координатной сетки), по ходу часовой стрелки до направления данной линии.

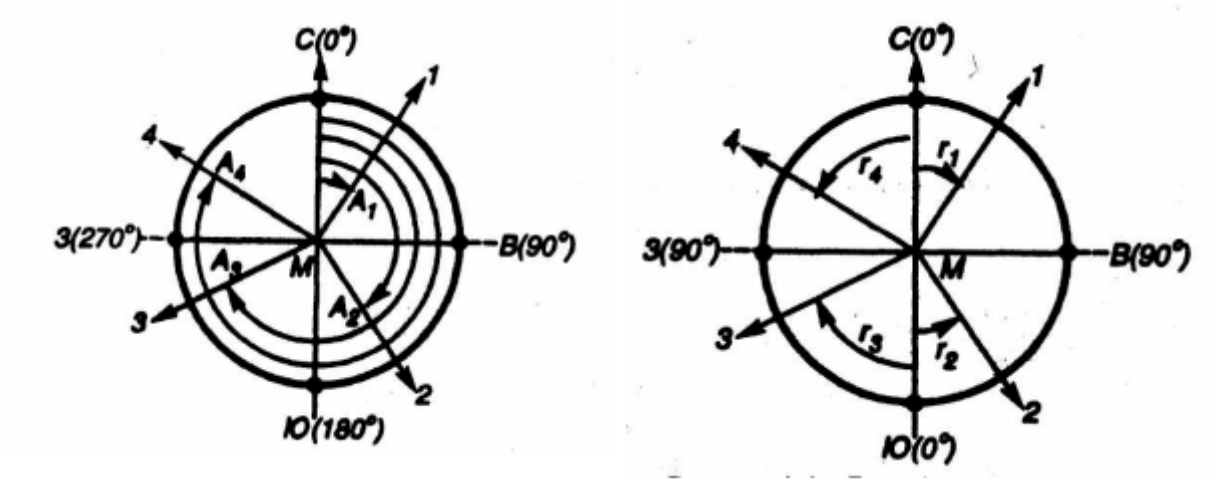



Рисунок 15. Азимуты и румбы направлений в разных четвертях

Таблица 3.

Связь азимутов и румбов

| Азимуты | Название четверти | румбы |
|---|---|---|
| 0°- 90° | СВ(I) | $r_1 = A_1$ |
| 90°- 180° | ЮВ (II) | $r_2 = 180° - A_2$ |
| 180°- 270° | ЮЗ (III) | $r_3 = A_3 - 180°$ |
| 270°- 360° | СЗ (IV) | $r_4 = 360° - A_4$ |

Измерение дирекционного угла заданной на карте линии производят с помощью транспортира. Для этого продолжают ориентируемую линию до пересечения с ближайшей линией координатной сетки, параллельной оси *OX*, совмещают центр транспортира с полученной точкой пересечения, а нулевой диаметр транспортира совмещают с положительным направлением оси *OX*.

Для каждой линии различают прямое и обратное направления. Дирекционные углы (как и азимуты) $\alpha_{пр}$прямого и $\alpha_{обр}$ обратного направления отличаются на 180°.

$$\alpha_{\text{пр}} = \alpha_{\text{обр}} \pm 180°$$

Магнитный меридиан, как правило, не совпадает с истинным в данной точке земной поверхности, образуя с ним некоторый угол ***δ***, называемый склонением магнитной стрелки (см. Рисунок 14). Угол ***δ*** отсчитывается от истинного меридиана до магнитного и может быть восточным (со знаком плюс) и западным (со знаком минус). Зная склонение магнитной стрелки в данной точке, можно осуществить переход от магнитного азимута направления к истинному по формуле:

$$\text{А} = \text{А}_{\text{м}} + \delta$$

Угол **γ**, на который линия координатной сетки, параллельная оси OX, отклоняется от истинного меридиана данной точки (вследствие сферичности Земли), называется сближением меридианов (см. рис.1). Как и склонение, сближение может быть восточным (положительным) или западным (отрицательным).

Сведения о величинах сближения меридианов и магнитного склонения, а также схема взаимного расположения истинного, магнитного и осевого меридианов приводится в зарамочном оформлении карты в левом нижнем углу.

Измерив, дирекционный угол $\boldsymbol{\alpha}$ заданной на карте линии, вычисляют ее истинный и магнитный азимуты по формулам:

$$\mathrm{A} = \alpha + \gamma$$

$$\mathrm{A}^{\mathrm{M}} = \alpha + \gamma - \delta$$

*Порядок выполнения работы*

Измеряем дирекционный угол заданной линии AB с помощью транспортира и вписываем данные с карты о склонении магнитной стрелки и сближении меридианов.

$\alpha_{AB}$ = 102°; γ = 2°11′ - восточное; δ = 1°54′ - западное.

Тогда:$\alpha_{\text{пр}} = \alpha_{\text{обр}} \pm 180° = \alpha_{\text{AB}} + 180° = 102° + 180° = 282°$

Азимуты:

$$\mathrm{A} = \alpha + (+\gamma) = 102° + (+2°11') = 104°11'$$

$$\mathrm{A}^{\mathrm{M}} = \alpha + (+\gamma) - (-\delta) = 102° + (+2°11') - (-1°54') = 106°05'$$

Румбы:

r - ЮВ, т.к. 90°<104°11′(A)<180°, вторая четверть;

r = 180°-A = 180°-104°11′ = 75°49′

$r_M$ - ЮВ, т.к. 90°<106°05′(A)<180°, вторая четверть;

$r_M$ = 180°-$A_M$ = 180°-106°05′ = 73°55′

Аналогично вычисляем для направлений BC и CD.

*Контрольные вопросы*

2. Что называется ориентированием линии на карте или плане?
3. Что называется азимутом?
4. Что такое дирекционный угол?
5. Что такое румб?
6. Связь азимутов и румбов.

## Практическое занятие №7

*Тема*: **Решение прямой и обратной геодезических задач.**

*Цель работы:* Приобрести практические навыки в вычислении координат точек, дирекционных углов и длин линий.

*Материалы и принадлежности:* Рабочая тетрадь, учебник, конспект, методические рекомендации, инженерный калькулятор.

*Содержание практического занятия*

1. По выданным исходным данным, решить прямую геодезическую задачу.
2. По выданным исходным данным.решить обратную геодезическую задачу.

*Основные теоретические понятия*

***Прямая геодезическая задача.*** Сущность данной задачи: по известным координатам точки **1** ($X_1$, $Y_1$) линии 1-2, дирекционному углу этой линии $\boldsymbol{\alpha}_{1\text{-}2}$ м ее горизонтальному проложению$\boldsymbol{d}_{1\text{-}2}$ требуется определить координаты точки **2** (Рисунок 16).

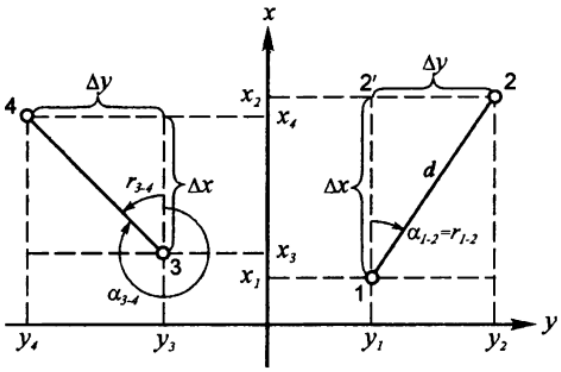



Рисунок 16. Прямая и обратная геодезические задачи.

Проведя через точки 1-2 линии параллельные координатным осям, получим прямоугольный треугольник 1-2′-2, котором известна гипотенуза $\boldsymbol{d}_{1\text{-}2}$ и острый угол r = $\boldsymbol{\alpha}_{1\text{-}2}$. Катеты этого треугольника есть приращения координат $\Delta X$ и $\Delta Y$, которые могут быть получены по формулам:

$$\Delta X = d_{1-2}\cos\alpha_{1-2}$$
$$\Delta Y = d_{1-2}\sin\alpha_{1-2}$$

Контроль: $d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$

Тогда, координаты точки 2 определяться по формуле:

$$X_2 = X_1 + \Delta X$$
$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y$$

***Обратная геодезическая задача.*** По известным координатам точек***3*** ($X_3$, $Y_3$) и ***4*** ($X_4$, $Y_4$) требуется определить горизонтальноепроложение$\boldsymbol{d}_{3\text{-}4}$ и дирекционный угол направления $\boldsymbol{\alpha}_{3\text{-}4}$.

Согласно Рисунка 1 и формулам определения приращений, можно записать:

$$\Delta X = X_4 - X_3$$
$$\Delta Y = Y_4 - Y_3$$

По найденным значениям приращений координат, решая прямоугольный треугольник, вычисляют табличный угол:

$\tan r = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$ , отсюда $r = arctan\left|\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right|$.

По знакам приращений координат *ΔX* и *ΔY*определяют в какой четверти находится направление. Затем, руководствуясь соотношением между табличными углами и румбами, определяют дирекционный угол направления.

Зная дирекционный угол направления и приращения координат, определяют горизонтальноепроложение стороны по формуле:

$$d_{3-4} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha_{3-4}} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_{3-4}} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

*Порядок выполнения работы*

Задача №1. Вычислить координаты точки 2, если известны: координаты точки 1 $X_1$ = 145, 80 м и $Y_1$ = 120, 45 м, дирекционный угол $\boldsymbol{\alpha}_{1\text{-}2}$ = 124°18′ и горизонтальноепроложение стороны 1-2 $\boldsymbol{d}_{1\text{-}2}$ = 92,15 м.

По известному дирекционному углу определяем румб линии 1-2 и знаки приращения координат, пользуясь таблицей связи дирекционного угла и румба.

r - ЮВ, т.к. 90°<124°18′ (α)<180°, вторая четверть;

$$r_{1-2} = 180° - \alpha_{1-2} = 180° - 124°18' = 55°42'$$

Определяем приращения по формулам:

$$\Delta X = d_{1-2} \cos r_{1-2} = 92{,}15 \cdot \cos 55°42' = 51{,}93 \text{ м}$$

$$\Delta Y = d_{1-2} \sin r_{1-2} = 92{,}15 \cdot \sin 55°42' = 76{,}12 \text{ м}$$

Так как во второй четверти *ΔX*– отрицательный, а*ΔY*– положительный, то искомые приращения равны:

$$\Delta X = -51{,}93 \text{ м}$$

$$\Delta Y = 76{,}12 \text{ м}$$

Контроль*:* $d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{(-51{,}93)^2 + 76{,}12^2} = 92{,}146 \approx 92{,}15$ м

Определяем координаты точки 2:

$$X_2 = X_1 + \Delta X = 145{,}80 + (-51{,}93) = 93{,}87 \text{ м}$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y = 120{,}45 + 76{,}12 = 196{,}57 \text{ м}$$

Задача №2. По известным координатам точки А ($X_A$ = 247,32 м; $Y_A$ = 870,54 м) и точки В ($X_B$ = 705,64 м; $Y_B$ = -567,83 м) найти горизонтальное проложение$d_{A\text{-В}}$ и дирекционный угол $\alpha_{A\text{-В}}$.

Определяем приращение координат по формулам:

$$\Delta X = X_{\text{В}} - X_{\text{А}} = 705{,}65 - 247{,}32 = 458{,}33 \text{ м}$$

$$\Delta Y = Y_{\text{В}} - Y_{\text{А}} = -567{,}83 - 870{,}54 = -1438{,}37 \text{ м}$$

Определяем румб линии А-В по формуле:

$$r = arctan\left|\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right| = arctan\left|\frac{-1438{,}37}{458{,}33}\right| = 72°19'33''$$

Так как *ΔX*– положительный, а*ΔY*– отрицательный, то пользуясь таблицей связи румбов и дирекционных углов. Определяем что румб лежит в четвертой четверти и направление линии АВ– СЗ.

Тогда дирекционный угол равен:

$r = 360° - \alpha => \alpha = 360° - r = 360° - 72°19'33''$=287°40′27″

Определяем горизонтальноепроложение по формулам:

$$d_{\text{А}-\text{В}} = \frac{\Delta X}{\cos\alpha_{\text{А}-\text{В}}} = \frac{458{,}33}{\cos 287°40'27''} = 1509{,}63 \text{ м}$$

$$d_{\text{А}-\text{В}} = \frac{\Delta Y}{\sin\alpha_{\text{А}-\text{В}}} = \frac{-1438{,}37}{\sin 287°40'27''} = 1509{,}63 \text{ м}$$

$$d_{\text{А}-\text{В}} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{458{,}33^2 + (-1438{,}37)^2} = 1509{,}63 \text{ м}$$

*Контрольные вопросы:*

1. Что называется прямой геодезической задачей?
2. Что называется обратной геодезической задачей?

## Практическое занятие №8 - 9

*Тема*: **Вычисление площадей полигона.**

*Цель работы:* Приобрести практические навыки в вычислении площади фигур на плане или карте разными способами

*Материалы и принадлежности:* топографические карты М 1:10000 (из расчёта одна карта на студента) с заданными точками полигона(минимум 5 точек), рабочая тетрадь, конспект, методические рекомендации, калька, инженерный калькулятор.

*Содержание практического занятия*

1. Определить площадь фигуры по результатам измерений на карте
2. Определить площадь фигуры на карте при помощи палетки
3. Определить площадь фигуры на карте аналитическим способом

*Основные теоретические понятия*

В зависимости от хозяйственного значения участков и контуров, их размеров, форм применяются следующие способы определения площадей: графический, механический и аналитический.

***Графическийспособ*** целесообразно применять, когда измеряемый участок имеет более или менее правильную форму и ограничен прямыми линиями. Такими участками обычно являются те, форма которых определилась деятельностью человека (например, сельскохозяйственные угодия, территории населенных пунктов или их частей, полосы отвода

транспортных магистралей и т.п.). Палетками выгодно измерять площади небольших участков, имеющих на карте размеры не более 4-5 см$^2$, а также узкие, сильно вытянутые участки (например, долины рек, полосы отвода транспортных магистралей и т.п.).

Способ вычисления площади полигона заключается в следующем: площадь многоугольника определяется путем деления его на простейшие фигуры (треугольники, четырехугольники и т.п.) и измерением их элементов по карте. В каждой фигуре измеряют высоту и основание, по которым вычисляют площади треугольников по формуле:

$$S_{\Delta} = {}^{1}/_{2} \cdot a \cdot h$$

Общая площадь участка определяется суммированием площадей отдельных фигур:

$$S_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^{n} S_i$$

*Определение площади палеткой* выполняют следующим образом: на план с контуром накладывают прозрачную палетку с нанесенными квадратиками, подсчитывают число квадратиков(n), находящихся внутри контура по формуле:

$$n = n_{\text{цк}} + 0{,}5 \cdot n_{\text{пк}}$$

Где – $n_{ЦК}$ – число целых квадратов, а $n_{ПК}$ – число неполных квадратов.

Площадь контура подсчитывается по формуле:

$S = n \cdot S_{\text{кв}}$.

Где $S_{КВ}$– площадь одного квадратика.

***Аналитический способ*** определения площадей контуров и участков требует измерений линий и углов на местности. Его целесообразно применять, если площадь надо получить с повышенной точностью и не дожидаясь составления плана (карты). Наиболее точный – аналитический способ, так как на точность определения площади при этом способе влияют только погрешности измерений на местности, в то время как при графическом и механическом способах, помимо погрешностей измерений на местности, влияют и погрешности: составления плана(карты), определения площадей по плану и деформация бумаги.

Этот способ применяется когда известны координаты точек полигона. Площадь полигона подсчитывается по формулам:

$$S = {}^{1}/_{2} \sum X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1})$$

$$S = {}^{1}/_{2} \sum Y_i (X_{i-1} - X_{i+1})$$

***Механический способ*** находит широкое применение при определении площадей, имеющих произвольную, часто весьма неправильную конфигурацию, таких, например, как водосборные бассейны, леса, болотные

комплексы, рудные поля и т.п. Для определения таких площадей используют специальный прибор – планиметр.

*Порядок выполнения работы*

Задача №1. Определяем площадь участка ABCD (см. Рисунок 17), снятого с карты масштаба 1:10 000.

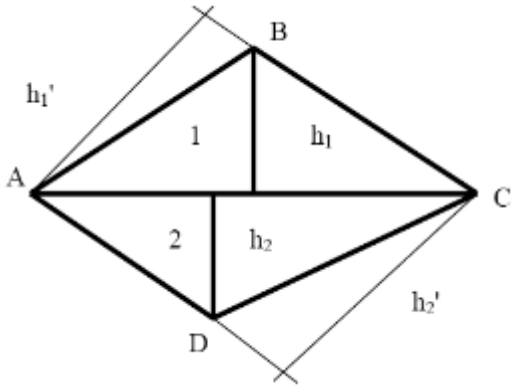



Рисунок 17. Схема

Заданную фигуру делим на два треугольника 1, 2 и в каждом из них измеряем основание *a* и высоту *h* , записывая результаты в таблицу 4. В эту же таблицу заносим результаты вычислений. Для контроля вычислений выбираем другие основания и высоты (показаны на Рисунке 17 тонкими линиями) в треугольниках.

Таблица 4.

| **Номер Δ** | **Результаты измерений** | | | **Результаты вычислений** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **основание *a*** | | **Высота h, м** | **S, м$^2$** | **$S_{ср}$, м$^2$** | **S, Га** |
| | **Обозн.** | **м** | | | | |
| 1 | AC | 1542 | 593 | 457203 | 457296 | 45,7 |
| | BC | 889 | 1029 | 457390 | | |
| 2 | AC | 1542 | 661 | 509631 | 510249 | 51,0 |
| | DC | 1071 | 954 | 510867 | | |
| | | | | | **Сумма**: | **96,7** |

Задача №2.Определяем площадь фигура, при помощи палетки.

На прозрачной основе (кальке) с помощью линейки нанесите квадратики со стороной 0,5см, у вас получится палетка. Накладываем палетку с нашего полигона. Масштаб построения полигона 1:5000, т.е 1см на плане соответствует 50м на местности. (Рисунок 18)

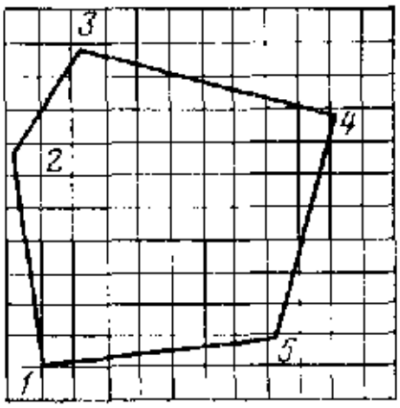



Рисунок 18.

Подсчитываем число целых квадратиков $n_{цк}$=56 и число неполных квадратиков $n_{пк}$=36, находящихся внутри контура и определяем n по формуле:

$$n = n_{цк} + 0{,}5 \cdot n_{пк} = 56 + 0{,}5 \cdot 36 = 74$$

Определяем площадь одного квадратика с учетом масштаба плана полигона $S_{КВ}$

$S_{КВ}$=25м*25м=625 м

Подсчитываем площадь полигона по формуле:

$S = n \cdot S_{кв} = 74 \cdot 625 = 46250$ м$^2$.

Задача №3. Вычислить площадь полигона по координатам его вершин.

Снимаем с карты прямоугольные координаты вершин полигона (Рисунок 19)

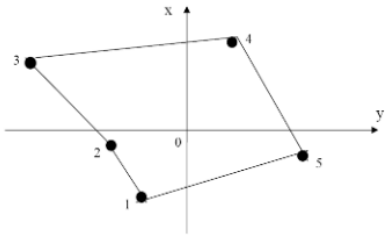



Рисунок 19. Схема полигона.

Записываем в Таблицу 5 значения абсцисс и ординат вершин полигона, округляя их до десятых долей метра. Затем вычисляем разности ординат и абсцисс, суммы которых должны быть равны нулю. Далее по формулам вычисляем площадь. Все вычисления приведены в Таблице 5.

Таблица 5.

| № вершин | Координаты, м | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $X_i$ | $Y_i$ | $Y_{i+1}-Y_{i-1}=\Delta Y_i$ | $X_{i-1}-X_{i+1}=\Delta X_i$ | $X_i * \Delta Y_i$ | $Y_i * \Delta X_i$ |
| 1 | -263,1 | -74,0 | -270,4 | +6,5 | +71142 | -418 |
| 2 | -98,6 | -101,2 | -153.1 | -310,7 | +15096 | +31443 |
| 3 | +47,6 | -227,1 | +209,2 | -237,1 | +9958 | +53845 |
| 4 | +138,5 | +108,0 | +396,3 | +139.7 | +54888 | +15088 |
| 5 | -92,1 | +169,2 | -182,0 | +401.6 | +16762 | +67951 |
| **Суммы**: | | | **0,0** | **0,0** | **167647** | **167846** |
| | | | | **S=83923 м$^2$=8,39 Га** | | |

*Контрольные вопросы:*

1. Назовите способы измерения площадей на плане.
2. В чем заключается графический способ определения площадей?
3. В чем заключается аналитический способ определения площадей?
4. Напишите формулу вычисления площади многоугольника по координатам его вершин.

## Практическое занятие №10

*Тема*:**Мерные приборы и методика измерения линий на местности.**

*Цель работы:* Приобрести практические навыки при измерении расстояния рулетками и освоить порядок обработки их результатов.

*Материалы и принадлежности:* металлическая рулетка, рабочая тетрадь, конспект, методические рекомендации, инженерный калькулятор.

*Содержание практического занятия*

Решение задач на вычисление длины линии.

*Основные теоретические понятия*

Механические мерные приборы представляют собой линейные отрезки различной длины, изготовленные чаще всего из металла в виде лент, рулеток, проволок.

***Ленты землемерные*** выпускаются двух типов: ЛЗ - лента землемерная и ЛЗШ - лента землемерная шкаловая. Существуют ленты длиной 20, 24 и50 м.

В комплект к штриховым лентам входят стальные шпильки.

Относительная ошибка измерения линий лентами в зависимости от методики и условий измерений равняется 1/1000 - 1/3000.

***Рулетки***. Для измерений в строительстве наиболее удобны стальные рулетки типов: РС - рулетка самосвертывающаяся; РЖ - рулетка желобчатая; РЗ - рулетка в закрытом корпусе; РК - рулетка на крестовине.

Изготавливаются рулетки стальные, пластмассовые и тесмяные длиной 5, 10, 20, 50 и 100 м.

Стальные и пластмассовые компарированные рулетки служат для точных измерений линий и привязки капитальных сооружений, тесмяные - для обмера сооружений и элементов местности.

Относительная ошибка измерения линий рулетками составляет 1/1000 - 1/20000 в зависимости от класса рулетки, условий и методики измерений.

К механическим мерным приборам относятся также ***мерные проволоки*** и ***длинномеры***, но на строительной площадке они практически не используются.

Суть линейных измерений (измерения расстояний) механическими мерными приборами состоит в определении длины линии **D** путем сравнивания ее с длиной мерного прибора. Это достигается последовательным укладыванием мерного прибора в створе линии, т.е. вертикальной плоскости, проходящей через ее конечные точки. Длина линии определяется по формуле:

$$D = L \cdot n + r$$

где $L$ – длина мерного прибора, $n$ – количество раз, которое укладывался мерный прибор, $r$ – расстояние между концом мерного прибора и конечной

точкой линии.

Определение длины линии включает три этапа: подготовку, измерение и вычисление.

***Подготовка линии*** к измерению состоит в расчистке и планировке трассы, закреплении и вешении.

Линии на местности закрепляются в зависимости от назначения металлическими стержнями, специальными геодезическими центрами, столбиками, кольями или вехами, устанавливаемыми в начале и конце измеряемого отрезка.

При измерении длинных линий бывает недостаточно двух вех. Для обозначения на местности такой линии в ее створе - вертикальной плоскости, проходящей через ее конечные точки, устанавливают несколько дополнительных вех на расстоянии 50 - 100 м в зависимости от рельефа местности.

Перед началом работ все мерные приборы обязательно компарируют. ***Компарирование*** - это определение фактической длины мерного прибора путем его сравнивания с эталоном.

Разность между фактической длиной $L$ мерного прибора и длиной $l_0$эталона называется ***поправкой за компарирование*:**

$$\Delta l_k = L - l_0$$

Поправка в измеренную линию $\Delta D_k$ определяется по формуле:

$$\Delta D_k = \frac{D}{l} \Delta l_k$$

где $D$ - измеренная длина линии, $l$ - номинальная длина мерного прибора,мм.

Измерение линии выполняют два исполнителя, один из которыхустанавливает нулевой штрих прибора в начальной точке, а другойукладывает его в створе линии и, выровняв прибор по высоте, отсчитываетдлину или, закрепив положение второго конца прибора, протягивает его поствору и продолжает измерение.

Для исключения грубых ошибок и повышения точности измерениевыполняется дважды: в прямом и обратном направлениях.

Если измеряемая линия имеет уклон, то для определения еегоризонтального проложения (проекция измеряемой линии

нагоризонтальную плоскость) на местности измеряют длину линии $D$ и ее уголнаклона $\nu$ теодолитом. Тогда горизонтальная проекция $d$ определится по формуле:

$$d = D\cos\nu$$

***Поправка за наклон линии к горизонту*** определяется по формуле:

$$\Delta D_\nu = D - d = D - d\cos\nu = 2D\sin^2\frac{\nu}{2}$$

Необходимо иметь в виду, что, чем больше угол наклона линии, темточнее его нужно определять, т. к. ошибка с увеличением угла быстровозрастает.

При точных измерениях обязательным является учет ***поправки затемпературу***, которая вычисляется по формуле:

$$\Delta D_t = DK(t_n - t_k)$$

где K – коэффициент линейного расширения стали, равный $12\cdot10^{-6}$,$t_n$ – $t_k$ – температуры при измерении и компарировании ($t_k$ = + 20°C).

**Вычислить линию** – это значит найти наиболее вероятное ее значение ***d***с учетом всех перечисленных поправок по уравнению:

$$d = D - \Delta D_\nu + \Delta D_k + \Delta D_t$$

Ошибки длин линий не должны превышать величин, указанных винструкции для данного вида работ.

*Порядок выполнения работы*

Задача №1. Землемерной лентой, откомпарированной при температуре $t_k$ =+ 19 °C, измерена линия при температуре $t_n$ = 25 °C. Длина линии оказалась $D$ = 267,25 м. определите длину линии $D_0$ с учетом поправки на температуру.

Определяем поправку за температуру

$$\Delta D_t = DK(t_n - t_k) = 267{,}25\cdot12\cdot10^{-6}(25° - 19°) = 0{,}019 \text{ м}$$

Определяем длину линии с учетом поправки за температуру:

$$D_0 = D + \Delta D_t = 267{,}25 + 0{,}019 = 267{,}27 \text{ м}$$

Задача №2.Длина измеренной наклонной линии $D$ = 242,56 м, угол наклона $\nu$ = 7°30′. Температура измерения $t_n$ = 27°. Землемерная лента прокомпарирована при $t_k$ = + 18 °C, имеет отклонение от контрольной 20-ти метровой ленты $l_0$ = +0,02 м. Определить горизонтальное проложение линии на местности с точностью до 0, 01 м.

Горизонтальноепроложение с учетом всех поправок определяем по формуле:

$$d = D - \Delta D_\nu + \Delta D_k + \Delta D_t$$

Определяем поправку за наклон

$$\Delta D_\nu = 2D\sin^2\frac{\nu}{2} = -2\cdot242{,}56\sin^2\frac{7°30'}{2} = 2{,}075 \text{ м}$$

Определяем поправку за компарирование

$\Delta D_k = \frac{D}{l}\Delta l_k = \frac{242,56}{20}0,02$=+0,24 м

Определяем поправку за температуру

$$\Delta D_t = DK(t_n - t_k) = 242,25 \cdot 12 \cdot 10^{-6}(27° - 18°) = 0,03 \text{ м}$$

С учетом вычисленных поправок получаем

$$d = D - \Delta D_v + \Delta D_k + \Delta D_t = 242,56 - 2,075 + 0,24 + 0,03 = 240,76 \text{ м}$$

*Контрольные вопросы:*

1. Что называется компарированием ленты или рулетки?
2. Какие поправки вносят в измеренное расстояние?
3. Что называется поправкой за копарирование?
4. Что называется поправкой за температуру?
5. Что называется поправкой за наклон?
6. Что означает вычислить линию?

## Практическое занятие № 11-13

*Тема*:**Изучение устройства теодолитов 4Т30П, 2Т30П; приведение в рабочее положение, техника наведения, снятие отсчётов. Поверки теодолита.**

*Цель работы:* Изучить устройство теодолита, научиться брать отсчёты по горизонтальному и вертикальному кругам; производить поверки теодолита, приобрести первичные навыки обращения с теодолитом.

*Материалы и принадлежности:* Теодолиты со штативами, планки с точками-целями для наведения, плакаты, рабочая тетрадь.

*Содержание практического занятия*

1. Изучить устройство теодолита 2Т30П и 4Т30П непосредственно на приборе. Написать названия пронумерованных основных частей и осей теодолита, Составить схему прибора.
2. Снять отсчёты по горизонтальному и вертикальному кругам.
3. Выполнить поверки теодолита.

*Основные теоретические понятия*

***Классификация теодолитов.***

Для обозначения модели теодолита используется буква «Т» и цифры, указывающие среднюю квадратическую ошибку измерения горизонтального угла секундах.

По точности теодолиты подразделяются:

1) на высокоточные Т05 и Т1 – предназначенные для измерения угловсо средними квадратическими ошибками до ±1″.

2) на точные Т2 и Т5 предназначенные для измерения углов со средними квадратическими ошибками до ±2″ и ±5″

3) натехнические Т30 предназначенные для измерения углов со средними квадратическими ошибками до ±30″

Технические и эксплуатационные характеристики теодолитов постоянно улучшаются. Цифра перед буквой «Т» обозначает номер обновленноймодели (2Т30).

Дополнительная буква «П» шифра обозначает, что зрительная трубаимеет прямое изображение (4Т30П). Буква «К» обозначает наличие компенсатора – систему автоматически устанавливающую нулевой диаметрвертикального круга в горизонтальное положение (2Т5КП). Буква «М» ответствует маркшейдерскому исполнению для работ в подземных горныхвыработках (Т15МКП). К шифру цифровых, кодовых и электронных теодолитов добавляются буквы «Ц», «К» и «Э».

По конструкции теодолиты делятся на повторительные и неповторительные. У повторительных теодолитов лимб имеет закрепительныйи наводящий винты и может вращаться независимо от вращения алидады.

***Устройство теодолитов 2Т30П и 4Т30П.***

***Горизонтальный круг*** служит для измерения горизонтальных углов и состоит из лимба и алидады. *Лимб* – стеклянный круг, по скошенному краю которого нанесены деления с оцифровкой от 0° до 360°по часовой стрелке. *Алидада* верхняя часть прибора расположенная на одной оси с лимбом. На алидаде нанесены указатели позволяющие отсчитывать деления лимба. Вместе с алидадой вращаются стойки на которые опирается ось вращения зрительной трубы с вертикальным кругом. Установка оси вращения алидады в отвесное положение выполняется тремя подъемными винтами 15 подставки 13 по цилиндрическому уровню 5. (рисунок 20, а). Ось вращения алидады называют основной осью теодолита.

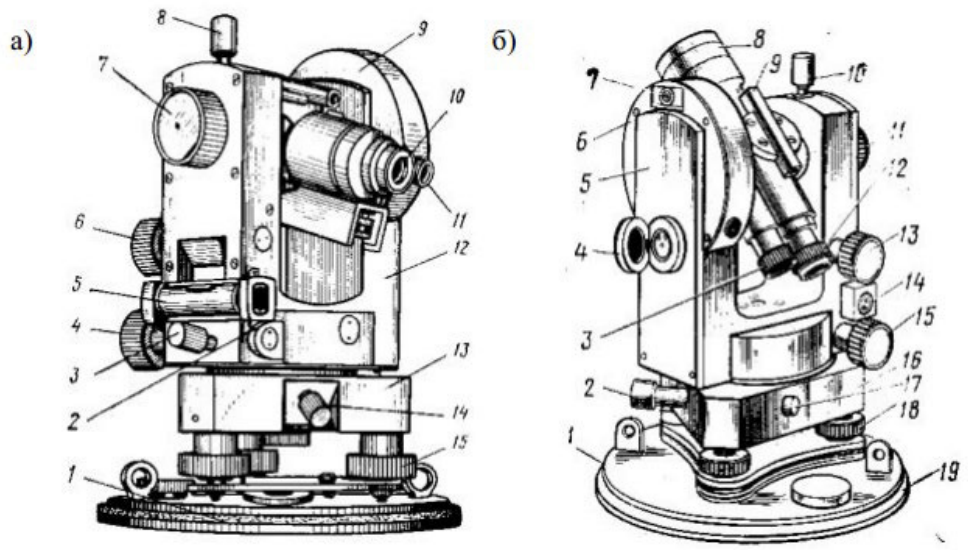



Рисунок 20. Устройство теодолита

Лимб и алидада горизонтального круга снабжены *закрепительными* винтами 14 и 3 для их установки в неподвижное положение и *наводящими* винтами 2 и 15 для плавного их вращения. Наводящими винтами можно работать после закрепления закрепительных винтов.

***Вертикальный круг*** предназначен для измерения вертикальных углов. Лимб расположенный внутри корпуса 9 (рисунок 20, а) представляет собой стеклянный диск, который жестко скреплен с осью вращения зрительной трубы и вращается вместе с ней при этом алидада остается неподвижной. На лимбе нанесены деления через 1°.Оцифровка делений секторальная. Два противоположных сектора имеют положительную оцифровку 0 до 75°, два других – отрицательную от - 0 до - 75°.

***Зрительная труба*** предназначена для наблюдения удаленных предметов. На трубе с одной стороны установлен коллиматорный визир 9 (рисунок 20, б) для приближенного (грубого) визирования на цель, а с другой – цилиндрический уровень для приведения визирной оси трубы в горизонтальное положение. Труба 2Т30П и 4Т30П дает прямое изображение. Оптическая система трубы состоит из: объектив, окуляра, и фокусирующей линзы, которую с помощью специального устройства – кремальеры, перемещают вдоль геометрической оси трубы. Между фокусирующей линзой и окуляром помещена сетка нитей – пластина, на которой нанесены вертикальные и горизонтальные штрихи.

Линия, проходящая через оптический центр объектива и центр сетки нитей, называется ***визирной осью***.

***Цилиндрический уровень 5*** служит для приведения плоскости лимба в горизонтальное положение (рисунок 20, а). Уровень состоит из стеклянной ампулы, внутренняя поверхность которой отшлифована по дуге окружности определенного радиуса. На внешней поверхности ампулы нанесены штрихи через 2 мм. Точка, соответствующая средней части центрального деления ампулы называется *нуль-пунктом уровня* .Касательная к внутренней поверхности ампулы в нуль-пункте называется *осью уровня.*

***Шкалы отсчетного микроскопа теодолита***. Отсчетные приспособления служат для взятия отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругу.

Величина одного наименьшего деления называется *ценой деления лимба.*

На рисунках 2 и 3 приведены разные шкалы отсчетного микроскопа теодолита и их отсчеты.

*Теодолит Т30*. Цена деления лимба равна 10′ (см. Рисунок 21)

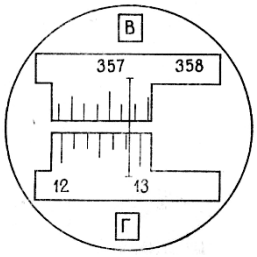



Рисунок 21*Отсчет по горизонтальному кругу 12°52′ вертикальному кругу 357°16′*

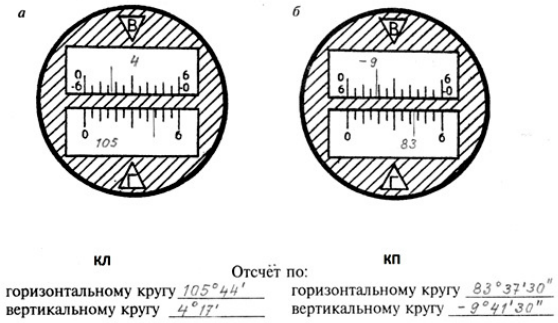



Рисунок 22.

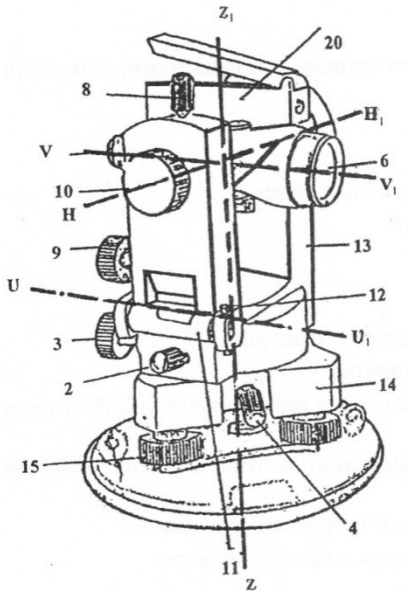
*Теодолит 2Т30П, 4Т30П.* Цена деления лимба равна 5′ (см. Рисунок22).

***Поверки теодолита***

***Поверки*** - это действия с приборами, позволяющие выявить и устранить неисправности отдельных его частей.

Записать условие каждой поверки, порядок выполнения и после выполнения поверки -вывод о исправности теодолита или какой-то его части.

<u>2. Оси теодолита (Рисунок 23)</u>




$VV_1$ – визирная ось зрительной трубы
$HH_1$ – горизонтальная ось зрительной трубы
$ZZ_1$ – основная (вертикальная) ось теодолита
$UU_1$ – ось цилиндрического уровня

Рисунок 23. Основные оси теодолита

<u>*Поверки теодолитов типа 2Т30П, 4Т30П (полевые)*</u>

1. Поверка оси цилиндрического уровня

*Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к основной оси вращения инструмента.*

<u>*Порядок выполнения поверки.*</u> После приведения теодолита в рабочее положение поворачивают верхнюю часть теодолита на 180°. Если пузырек

цилиндрического уровня остался на месте или сместился менее, чем на одно деление, то условие выполнено. В противном случае поверку повторяют или проводят юстировку уровня.

2. Поверка визирной оси трубы

*Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси трубы.* Несоблюдение этого условия вызывается коллимационной ошибкой, которая определяется по формуле:

$C = \frac{КП - КЛ \pm 180°}{2} \leq 2t$, где t=30″ – точность теодолита

*Порядок выполнения поверки.* Наводят зрительную трубу при круге право (КП) и круге лево (КЛ) на хорошо видимую точку, расположенную примерно на одном уровне со зрительной трубой, расположенной горизонтально. Берут отсчеты по горизонтальному кругу и вычисляют величину коллимационной ошибки.

4. Поверка правильности установки сетки нитей зрительной трубы.

*Вертикальная нить сетки нитей должна быть отвесна, а горизонтальная - перпендикулярна к ней.*

*Порядок выполнения поверки.* Наводят вертикальную нить сетки на отвесную линию, укрепленную на расстоянии 10-20 м. Если нити совпадают на всем протяжении, то сетка нитей установлена правильно. В противном случае колпачок снимают, отпускают 4 винта, крепящих сеточное кольцо и поворачивают его до совпадения с линией отвеса.

*Порядок выполнения работы:*

Задача №1 .Изучить на занятии устройства приборов. Подробно описать их.

Задача №2. Взять 5-6 пар отсчетов по вертикальному и горизонтальному кругу. Нарисовать схему шкалы и взятые отсчеты.

Задача №3. Описать и выполнить основные поверки.

*Контрольные вопросы*

1. Назначение теодолита.
2. Назовите основные части теодолита
3. Назовите основные винты теодолита
4. Как приводится теодолит в рабочее положение?
5. Для чего предназначен цилиндрический уровень
6. Что называется крестом сетки нитей?
7. Назовите основные оси теодолита
8. Что называется визирной осью зрительной трубы?
9. Что называется ценой деления лимба?
10. Что называется местом нуля (МО) вертикального круга?
11. Сколько поверок у теодолита Т30 и 2Т30П?
12. Какие геометрические условия проверяют при выполнении поверок теодолита?

**Практическое занятие № 14-16**

*Тема*:**Измерение горизонтальных и вертикальных углов. Ведение журнала угловых измерений. Вычисление углов.**

*Цель работы:* Научиться измерять горизонтальные и вертикальные углы, соблюдая технологию наведения на точки; вести журнал угловых измерений и вычислять углы.

*Материалы и принадлежности:* Теодолиты со штативами, планки с точками-целями для наведения, плакаты, рабочая тетрадь.

*Содержание практического занятия*

1. Измерить и вычислить горизонтальный угол способом приемов
2. Измерить и вычислить горизонтальный угол способом повторений
3. Измерить и вычислить вертикальный угол

*Основные теоретические понятия*

Перед измерением углов теодолит необходимо привести в рабочее положение: центрирование, горизонтирование, установка трубы для наблюдений, установка отсчетного микроскопа.

***Горизонтальный угол β*** – это угол, образованный проекциями направлений А′С и А′В на горизонтальную плоскость, т. е. *линейный угол двугранного угла $A^1 A$.* Это видно из рисунка измерения горизонтального угла на местности (Рисунок 24).

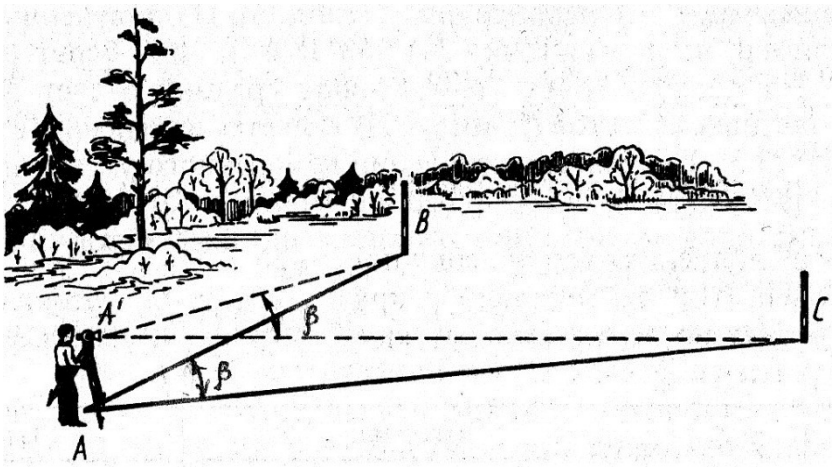



Рисунок 24. Измерение горизонтального угла

*Измерение горизонтального угла* в кабинете производится по похожей схеме, только цели визирования находятся на планках жёлтого цвета в верхних углах кабинета.

Есть несколько техник измерения горизонтальных углов: Способ приемов и способ повторений.

***Способприёмов*** исключает возможность грубых ошибок при измерении угла.

Теодолит устанавливают в вершине угла (в кабинете на предусмотренных местах для установки приборов), приводят в рабочее положение. Горизонтальный угол измеряют дважды, при двух положениях зрительной трубы: при КЛ и КП.

Измерение горизонтального угла при одном положении вертикального круга называется *полуприёмом,* а при двух положениях вертикального круга – *полным приёмом.*

При измерении горизонтального угла *лимб* должен быть *закреплён.*

*Порядок измерения горизонтального угла*. Вначале измеряют угол при одном положении круга, например, при КП. Открепляют алидаду, зрительную трубу наводят *сначала на правую* точку. Осуществляют точное наведение на точку наводящими винтами алидады и зрительной трубы. Берут отсчёт по горизонтальному кругу микроскопа, записывают в журнал угловых измерений (Таблица 6,а). *Затем* наводят зрительную трубу на *точку левую,*снимают отсчёт, записывают в журнал. Таким образом измерили угол. *Вычисляется* он *как разность отсчётов на правую и левую точки* по формуле:

$$\beta_{\text{кп}} = \beta_{\text{пр}} - \beta_{\text{лев}}$$

где $\beta_{пр}$и $\beta_{лев}$ - отсчёты на правую и левую точки.

Вычисленный угол записывают в журнал измерения углов в графу «углы полуприёмов».

Перед измерением угла вторым полуприёмом *лимб горизонтального круга открепляют,* поворачивают верхнюю часть теодолита ~ на $90^0$ и закрепляют лимб. Это действие называется *сбить лимб.* Трубу переводят через зенит и повторяют измерения угла в той же последовательности, но при круге лево – КЛ. Результаты измерений записывают в журнал угловых измерений. Вычисляют угол.

Если отсчёт на правую точку меньше отсчёта на левую точку, то сначала к отсчёту правой точки прибавляют $360^{0,}$ а затем от полученной суммы вычисляют отсчёт на левую точку $\beta_{лев}$.Расхождение значений угла не должно превышать двойной точности прибора, т. е. 1′. В противном случае измерения повторяют. Находят среднее арифметическое из двух значений углов в полуприёмах, записывают в графу «среднее из углов».

***При способе повторений*** совмещают нуль лимба с нулем алидады или делают отсчет близким к нулю и вращением лимба наводят зрительную трубу на заднюю по ходу съемки точку А, при этом положении делается начальный отсчет ***a***.

Открепив алидаду при закрепленном лимбе, трубу наводят на переднюю точку В и берут по лимбу контрольный отсчет $\boldsymbol{b_K}$. Вычисляют контрольный угол

$$\beta_{\text{к}} = b_{\text{К}} - a$$

Открепив лимб и перевернув трубу через зенит, зрительную трубу снова наводят на точку А, при этом отсчет не берут, т. к. он остался прежним, неизменным.

Открепив алидаду при закрепленном лимбе, трубу наводят снова на переднюю точку В и берут окончательный отсчет $b$.

Значение угла, измеренного одним полным повторением, равно:

$$\beta = \frac{b - a}{2}$$

При $n$- повторениях угол вычисляется по формуле:

$$\beta = \frac{k \cdot 360° + (b - a)}{2n}$$

Где $k$ количество проходов «0» алидады через «0» лимба при измерении угла. Эта величина вычисляется по контрольному углу по формуле:

$$k = \frac{2n\beta_k}{360}$$

***Вертикальным углом***называется угол $v$, составленный горизонтальной плоскостью и линией визирования. Он ещё называется ***углом наклона***, так как в полевых условиях измеряют наклон линии. Горизонтальная плоскость конструктивно заложена в приборе.

Вертикальный угол может быть *положительным,* если линия визирования располагается выше горизонтальной плоскости, и *отрицательным,* если – ниже (Рисунок 25), т. е. вертикальные углы измеряются от линии горизонта.

Принцип измерения вертикального угла такой же, как и горизонтального – полным приёмом. Измерение вертикального угла производится визированием на наблюдаемую точку при двух положениях круга КП и КЛ.

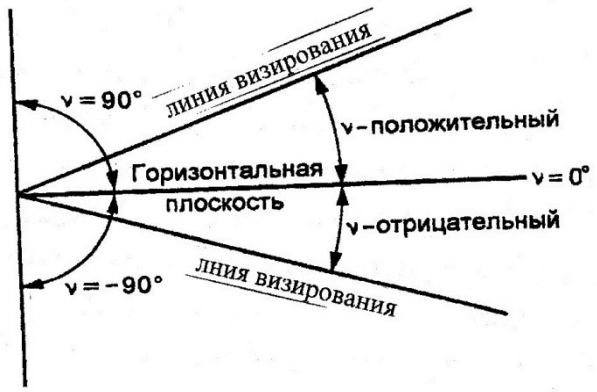



Рисунок 25. Вертикальные углы

Перед измерением вертикальных углов необходимо измерить значение места нуля (МО) вертикального круга. Для теодолитов 2Т30П, 4Т30П с *положительной и отрицательной оцифровкой делений лимба вертикального круга* МО вычисляется по формуле:

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}$$

и не должно превышать ± 2′, т. е. МО ≤ ± 2′

Как описано выше, измерение вертикального угла сводится к снятию отсчётов по вертикальному кругу при КП и КЛ, которые должны быть с противоположными знаками, но числовые значения не должны отличаться на ± 2′, что является контролем измерения угла. ***Действительное значение угла по знаку принимается по КЛ.***

Вертикальный угол, измеренный приборами2Т30П, 4Т30П, вычисляется по формуле:

$$\nu = \pm\frac{|КЛ + КП|}{2}$$

*Порядок выполнения работы:*

Задача №1.

В кабинете визируют зрительную трубу на планки-цели жёлтого цвета, расположенные в правом и левом верхних угла кабинета.

Результаты измерений и вычислений записывают в журнал (Таблица 6).

Таблица 6

| | № точек: стоян. пикет и плюс | № точек: визирован. | Отсчеты I ° | Отсчеты I ′ | Отсчеты I ″ | Углы полуприемов ° | Углы полуприемов ′ | Углы полуприемов ″ | Среднее из углов ° | Среднее из углов ′ | Среднее из углов ″ | Дирекционный угол | Мера линии | Угол наклона линии |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| а) | 13 | 1 | 276 | 56 | | | | | | | | | | |
| | | КП | | | | 52 | 24 | | | | | | | |
| | | 10 | 224 | 32 | | | | | 52 | 23 | 30 | | | |
| | 13 | 1 | 21 | 49 | | | | | | | | | | |
| | | КЛ | | | | 52 | 23 | | | | | | | |
| | | 10 | 329 | 26 | | | | | | | | | | |
| б) | 13-29 | КЛ | 8 | 33 | | | | | | | | | | |
| | | КП | -8 | 35 | | | | | | | | | | |
| | 13-08 | КЛ | -4 | 19 | | | | | | | | | | |
| | | КП | 4 | 20 | | | | | | | | | | |

$$\sigma_{13-29} = \frac{|КП + КЛ|}{2} = \frac{|8°35' + 8°33'|}{2} = 8°34'$$

$$\sigma_{13-08} = -\frac{|КП + КЛ|}{2} = -\frac{|4°20' + 4°19°|}{2} = -4°19'30'$$

*Исполнитель* _____ (подпись)

*Дата*

Задача №2

В кабинете визируют зрительную трубу на планки-цели жёлтого цвета, расположенные в правом и левом верхних угла кабинета.

Результаты измерений и вычислений записывают в журнал.

Угол измеряем тремя полными повторениями.

$$k = \frac{2n\beta_k}{360} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 124°13'30''}{360} = 2{,}07 \approx 2$$

Отсюда

$$\beta = \frac{k \cdot 360° + (b - a)}{2n} = \frac{2 \cdot 360° + (25°20'00'' - 0°02'00'')}{2 \cdot 3} = 124°13'00''$$

Задача №3 .

Порядок измерения вертикального угла в кабинете

Измерить два вертикальных угла, визируя зрительную трубу на стационарно установленные рейки с записью отсчётов в журнале угловых измерений:

- отрицательный, визируя ниже условной линии горизонта (ниже отсчёта 1000 по рейке);
- положительный, визируя выше линии условного горизонта (выше отсчёта 2000 по рейке)

Определить МО вертикального круга и вычислить вертикальные углы. Результаты измерений и вычислений записывают в журнал (Таблица 6).

После выполнения работы журналы представляются преподавателю на проверку и подпись.

*Контрольные вопросы*

1. Что называется полуприёмом при измерении углов?
2. По какой формуле вычисляется горизонтальный угол?
3. Что значит «сбить лимб» горизонтального круга и зачем это делают?
4. В чем сущность измерения горизонтального угла способом повторений?
5. Что называется вертикальным углом?
6. Как вычисляются вертикальные углы при измерении теодолитом 2Т30П, 4Т30П?
7. Какой величиной может быть МО?
8. Чему равна точность измерения углов?

## Практическое занятие № 17

*Тема*:**Измерение азимутов линий и расстояний по дальномеру.**

*Цель работы:*Научиться ориентировать стрелку буссоли на север. Приобрести практические навыки по измерению и вычислению азимутов расстояний по дальномеру.

*Материалы и принадлежности:* Теодолиты 2Т30П, 4Т30П со штативами, ориентир-буссоль, рейки, плакаты.

Перед выполнением лабораторной работы следует повторить необходимые понятия по измерениям и терминологии из теории.

*Содержание практического занятия*

1. Измерить азимуты до четырёх реек А, В, С, Д, стационарно установленных в кабинете; по измеренным азимутам вычислить румбы; начертить схему и показать на ней азимуты и румбы.
2. Измерить расстояние по дальномеру, визируя на рейки А, В, С, Д.

*Основные теоретические понятия*

***Магнитным азимутом*** ***А***называется горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления магнитного меридиана по ходу часовой стрелки до направления данной линии.

Определение направления магнитного меридиана осуществляется по горизонтальномукругу с помощью ориентир - буссоли, которая крепится на теодолите (рис. 1). *Для ориентирования стрелки ориентир – буссоли чёрным концов на север необходимо:*

1.Открепить оретитер магнитной стрелки;

2. При закреплённом лимбе, открепить алидаду и вращением её совместить нулевые деления лимба и алидады. Алидада закрепляется.

3. Открепив лимб, вращают его до совмещения чёрного конца магнитной стрелки с нулевым штрихом ориентир – буссоли. Лимб закрепляется.

4. Открепляется алидада и вращением верхней части теодолита по часовой стрелке, наводится зрительная труба на рейку, обозначающую конец линии, азимут которой измеряется. Отсчёт по горизонтальному кругу составит значение магнитного азимута.

***Дальномер*** состоит из двух дальномерных нитей, нарезанных на стекле сетки нитей N и M и рейки с делениями. (Рисунок 26)

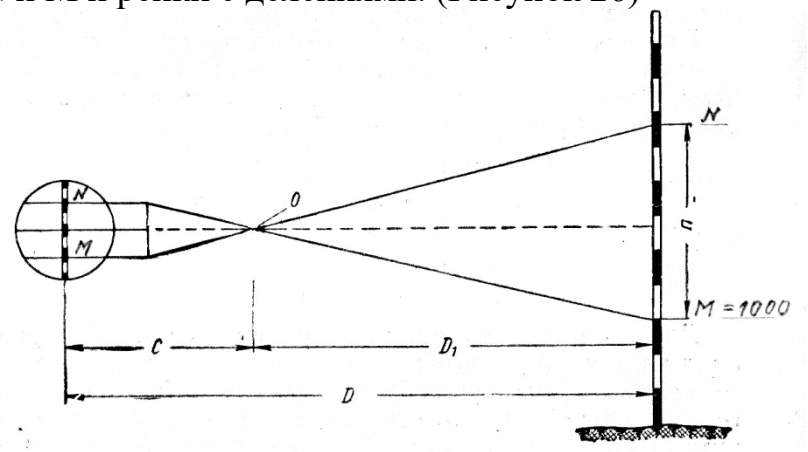



Рисунок 26. Измерение расстояния дальномером

Расстояние по дальномеру определяется поформуле:

$$D = k \times n + c$$

где $k$ = 100, коэффициент дальномера,$n$ - разность отсчётов по рейке между дальномерными нитями N и M, c - слагаемое дальномера, равное 0,25 ÷ 0,50 м.

При съёмке слагаемым дальномера «с» пренебрегают из-за малой его величины.

Достоинством нитяного дальномера является его простота. Для быстрого измерения расстояний нижнюю обозначают М и наводят на рейке на число 1000. По верхней, обозначенной N снимают отсчёт.

*Порядок выполнения работы:*

При визировании на рейки, рационально производить измерения следующим образом: навести нижнюю дальномерную нить сетки зрительной трубы на число 1000, по верхней дальномерной нити снять отсчёт N. Затем по горизонтальному кругу взять отсчёт, измерив азимут.

Запись измерений производить по образцу:

$N_{OA} = 1134$ $A_{OA} = 43^0\,17'$

$N_{OB} = 1027$ $A_{OB} = 113^0\,26$

$N_{OC} =$ $A_{OC} =$

$N_{OД} =$ $A_{OД} =$

После измерений произвести выполнение расчётно-графической части задания.

По заданию в лабораторной работе необходимо по измеренным азимутам вычислить румбы, начертить схему и показать на ней азимуты и румбы.

Румбы вычисляются по Таблице 7 зависимости между азимутами и румбами.

Таблица 7

**Зависимость между азимутами и румбами**

| Четверть | *A*, град | *r* |
|---|---|---|
| I (СВ) | 0...90 | *A* |
| II (ЮВ) | 90...180 | 180° – *A* |
| III (ЮЗ) | 180...270 | *A* – 180° |
| IV (СЗ) | 270...360 | 360° – *A* |

Задача №1. *Пример.*

$A_{OA}$ ($A_1$) =43°17' $r_{OA}$ ($r_1$) =СВ: $A_{OA}$ =СВ: 43°17'

$A_{OB}$ ($A_2$) =113°26' $r_{OB}$ ($r_2$) =ЮВ:(180- $A_{OB}$)= ЮВ:66°34'

Аналогично вычисляются $r_{OC}$ и $r_{OД}$.

Задача №2. Вычисляем расстояния до реек по снятым отсчётам.

По рейке снят отсчёт $N_{OA} = 1134$, с = 0,30м, М = 1000. Определяем расстояние $D_{OA}$.

Вычисляем $n_{OA} = 1134 – 1000 = 0134$мм = 0,134м;

Вычисляем расстояние $D_{OA} = 100 \times 0{,}134 + 0{,}30 = 13{,}70$м

Аналогично вычисляются расстояния до остальных трёх реек.

*Контрольные вопросы*

1. Какие действия выполняются для ориентирования стрелки буссоли на север?
2. Какие направления принимаются за исходные при ориентировании линий?

3. Что называется азимутом линии?
4. Как измеряется азимут?
5. В каких пределах изменяется азимут?
6. Что называется румбом?
7. Что представляет собой дальномер?
8. По какой формуле вычисляется расстояние по дальномеру?
9. По какому кругу теодолита берутся отсчёты при измерении азимутов?

## Практическое занятие № 18

*Тема*:**Обработка полевых измерений и камеральные работы при теодолитной съёмке.**

*Цель работы:* Научиться составлять ведомость координат, выполнять увязку измеренных углов, вычислять дирекционные углы и румбы сторон теодолитного хода.

*Материалы и принадлежности:* рассматривается замкнутый теодолитный ход из $4^x$ точек со следующими исходными данными, приведёнными в таблице 3 (общие для всех студентов). Дирекционный угол $\alpha_{1\text{-}2}$ начальной линии 1-2 задаётся индивидуально каждому студенту.

*Содержание практического занятия*

1. Составить ведомость координат.
2. Уравнять измеренные углы.
3. Вычислить дирекционные углы и румбы линий по исправленным углам.

*Основные теоретические понятия*

*1.Составление ведомости координат.*

Исходные данные записываются в ведомость координат в соответствующие графы 1, 2, 3, 4, 7, 8, 12, 19, 20 Таблицы 8.

*2. Уравнивание измеренных горизонтальных углов*

При измерении горизонтальных углов возникают погрешности и сумма измеренных углов $\sum\beta_{изм}$не равняется теоретической сумме углов $\sum\beta_{теор}$, вычисляемой по формуле:

$\sum\beta_{теор}= 180^0 (n - 2)$,

где *n* – число углов в полигоне. Образуется *угловая невязка*, являющаяся разницей между суммой углов измеренных и суммой углов теоретических и вычисляемая по следующей формуле:

$f_{\beta изм}= \sum \beta_{изм} - \sum\beta_{теор}$

Определение этой невязки, оценка её допустимости, распределение и вычисление исправленных угловназывается *уравниванием*.

Вычисленная угловая невязка сравнивается с допустимой угловой невязкой

$f_{\beta доп} = \pm 1' \sqrt{n}$,

где $n$ – число измеренных углов в полигоне.

Если вычисленная угловая невязка $f_{\beta изм}$ по абсолютной величине *меньше или равна* допустимой невязки $f_{\beta доп}$ , то $f_{\beta изм}$распределяют во все измеренные углы *с обратным знаком*. Для этого вычисляют поправки

$\delta_{\beta} = f_{\beta изм} / n$

и вводят их в измеренные углы. При распределении невязки вначале исправляют углы с секундами, а при наличии только целых минут, их распределяют на углы, образованные короткими сторонами.

Если угловая невязка $f_{\beta изм}$*больше* допустимой невязки $f_{\beta доп}$ , её распределять нельзя и необходимо проверить ранее выполненные расчёты.

## Ведомость координат

Таблица 8

| № точек | Углы | | | | | Дирекционные углы | | Осевые румбы | | | Длины линий(горизонт.пролож.) | Приращения координат | | | | | | | | Координаты | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Измеренные | | | Исправленные | | | | Напр | Величина | | | Вычисленные | | | | Исправленные | | | | | | | |
| | ° | ‘ | ‘‘ | ° | ‘ | ° | ‘ | | ° | ‘ | | ± | ΔX | ± | ΔУ | ± | ΔX | ± | ΔУ | ± | X | ± | У |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | | 17 | | 18 | | 19 | | 20 |
| 1 | 77 | 46 | | 77 | 46 | | | | | | | | | | | | | | | + | 180,45 | + | 617,22 |
| | | | +30 | | | 82 | 51 | СВ | 82 | 51 | 48,77 | + | 6,07 | + | 48,39 | + | 6,07 | + | 48,39 | | | | |
| 2 | 106 | 36 | 30 | 106 | 37 | | | | | | | | | | -0,01 | | | | | + | 186,52 | + | 665,61 |
| | | | +30 | | | 156 | 14 | ЮВ | 23 | 46 | 52,05 | - | 47,63 | + | 20,97 | - | 47,63 | + | 20,96 | | | | |
| 3 | 98 | 23 | 30 | 98 | 24 | | | | | | | | -0,01 | | -0,01 | | | | | + | 138,89 | + | 686,57 |
| | | | | | | 237 | 50 | ЮЗ | 57 | 50 | 52,91 | - | 28,16 | - | 44,78 | - | 28,17 | - | 44,79 | | | | |
| 4 | 77 | 13 | | 77 | 13 | | | | | | | | -0,02 | | -0,02 | | | | | + | 110,72 | + | 641,78 |
| | | | | | | 340 | 37 | СЗ | 19 | 23 | 73,95 | + | 69,75 | - | 24,54 | + | 69,73 | - | 24,56 | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 180,45 | | 617,22 |
| | | | | | | | | | | | P=227,58 | | | | | | | | | | | | |
| | $\sum \beta_{изм} = 359°59‘$ | | | | | | | | | | | $\sum\Delta X$=+75,82 | | $\sum\Delta У$=+69,36 | | $\sum\Delta X_{исп}$=0 | | $\sum\Delta У_{исп}$=0 | | | | | |
| | $\sum \beta_{т} = 180°(n-2) = 180° * 2 = 360°$ | | | | | | | | | | | $\sum\Delta X$=-75,79 | | $\sum\Delta У$=-69,32 | | | | | | | | | |
| | $f_{\beta изм} = \sum \beta_{изм} - \sum \beta_{т} = 359°59‘ - 360° = -0°01‘$ | | | | | | | | | | | $f_X$=+0,03 | | $f_У$=+0,04 | | | | | | | | | |
| | $f_{\beta доп} = \pm 1’ \sqrt{n} = \pm 1’\sqrt{4} = \pm 2’$ | | | | | | | | | | | $f_{абс} = \sqrt{fx^2 + fy^2} = \sqrt{0,0009 + 0,0016} = 0,05$ | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | $f_{отн} = \frac{1}{P : £абс} = \frac{1}{227,58:0,05} = \frac{1}{4554}$ | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | $f_{доп.отн} = \frac{1}{2000}$ | | | | | | | | | | | |

Вычислил _____ /_____/(подпись) (ФИО)

Затем вычисляют исправленные углы:

$\beta_{испр} = \beta_{изм} + \delta_{\beta}$.

Для контроля вычисляют сумму исправленных углов $\sum\beta_{испр}$, которая должна быть равна сумме углов теоретических $\sum\beta_{теор}$.

*3.Вычисление дирекционных углов и румбов*

Дирекционные углы сторон теодолитного хода вычисляются по формуле:

$\alpha_{посл} = \alpha_{пред} + 180^0 - \beta_{испр}$,

где, $\alpha_{посл}$ и $\alpha_{пред}$ - дирекционные углы последующей и предыдущей сторон; $\beta_{испр}$- исправленный горизонтальный правый по ходу угол между предыдущей и последующей сторонами хода.

Вычисления начинают с дирекционного угла начальной стороны $\alpha_{1-2}$ и выполняют в столбик. Если вычисленный дирекционный угол получится больше $360^0$ , то из него вычитают $360^0$ .

Для контроля вычисляют дирекционный угол начальной стороны 1-2, он должен быть равен заданному дирекционному углу

*4.Вычисление румбов* выполняется в соответствии с Таблицей 9, в которой приведена зависимость между осевыми румбами и дирекционными углами и знаки приращений координат для всех четвертей.

Таблица 9

| Четверти | Величины дирекционных углов | Название румбов | Соотношение между румбами и дирекционными углами | Знаки приращений координат | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $\Delta x$ | $\Delta y$ |
| I | От 0° до 90° | СВ | $r_I = \alpha_I$ | + | + |
| II | От 90° до 180° | ЮВ | $r_{II} = 180° - \alpha_{II}$ | — | + |
| III | От 180° до 270° | ЮЗ | $r_{III} = \alpha_{III} - 180°$ | — | — |
| IV | От 270° до 360° | СЗ | $r_{IV} = 360° - \alpha_{IV}$ | + | — |

Вычисленные румбы записываем в Таблицу 8 в графы 9, 10, 11.

*Порядок выполнения работы:*

Все вычисления проводим в Ведомости координат Таблица 8 преподавателю на проверку.

*Контрольные вопросы*

1. Что называется съёмкой?
2. Какие измерения выполняют при теодолитной съёмке?
3. Что называется угловой невязкой?
4. Зачем и по какой формуле вычисляется сумма углов теоретическая?
5. Как вычисляется допустимая угловая невязка?
6. Как распределяются угловые невязки в теодолитных ходах?
7. Как вычисляются дирекционные углы сторон теодолитного хода?
8. Что называется румбом и в каких пределах он изменяется?

## Практическое занятие № 19-20

*Тема*:**Вычисление и уравнивание приращений координат. Вычисление координат точек.**

*Цель работы:* Научиться уравнивать приращения координат и вычислять координаты точек теодолитного хода. Приобрести практические навыки по вычислению приращений координат на калькуляторе.

*Материалы и принадлежности:* рассматривается замкнутый теодолитный ход из $4^x$ точек со следующими исходными данными, приведёнными в таблице 3 (общие для всех студентов). Дирекционный угол $\alpha_{1\text{-}2}$ начальной линии 1-2 задаётся индивидуально каждому студенту.

*Содержание практического занятия*

1. Вычислить приращения координат.
2. Уравнять приращения координат.
3. Вычислить координаты точек теодолитного хода.

*Основные теоретические понятия*

*1.Вычисление приращений координат*

*Приращения координат* вычисляются через горизонтальные проложенияd и румбы r сторон теодолитного хода по формулам:

$$\Delta x = d \cdot \cos r$$
$$\Delta y = d \cdot \sin r$$

Полученные результаты округляем до 0,01. Аналогично вычисляются приращения координат для остальных сторон хода.

Знаки приращений координат принимаем в соответствии с названием румба в четверти.

*2. Уравнивание приращений координат*

Для уравнивания приращений координат вычисляют суммы приращений координатпо осям: $\sum\Delta x_{выч}$ и $\sum\Delta y_{выч}$ отдельно положительные и отрицательные значения. Они не равны, т. к. при измерениях углов и сторон полигона допускаются погрешности, допустимые приборами. Алгебраическая сумма приращений координат оказывается равной по осям:

$f_x = \sum\Delta x_{выч}$ и $f_y = \sum\Delta y_{выч}$ .

$f_x$ и $f_y$ называются *линейными невязками* или *невязками в приращениях координат.* О допустимости невязок $f_x$и $f_y$к распределению судят по *относительной невязке.* Сначала вычисляют *абсолютную невязку* по формуле:

$$f_{абс} = \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2}$$

и относительную невязку

$$f_{отн} = \frac{f_{абс}}{P} = \frac{1}{P/f_{абс}}$$

где Р - периметр теодолитного хода (сумма горизонтальных проложений).

Относительная невязка $f_{отн}$не должна превышать *допустимую относительную невязку*$f_{доп.отн}$, которая принимается равной $\frac{1}{2000}$.

Если $f_{отн}$получится больше$\frac{1}{2000}$ , это значит, что вычисления выполненыс ошибками и их необходимо найти и исправить.

Уравнивают приращения координат раздельно по осям Х и У. Для этого вычисленные линейные невязки $f_x$и $f_y$ распределяют в вычисленные приращения координат *с обратным знаком пропорционально горизонтальным проложениям*сторон хода, путём введения поправок. Поправки вычисляют по формулам:

$$V_{\Delta x} = -\frac{f_{\Delta x}}{P} \cdot d \,,\; V_{\Delta y} = -\frac{f_{\Delta y}}{P} \cdot d \,.$$

Поправки записывают надвычисленными приращениями в ведомости координат.

Для контроля вычисляют суммы поправок по осям, которые должны быть равны величинам невязок *с обратным знаком.* Затем вычисляют исправленные приращения координат, как алгебраическую сумму вычисленных приращений и поправок:

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_{i-i+1} \,.$$

$$y_{i+1} = y_i + \Delta y_{i-i+1}$$

Суммы исправленных приращений координат $\sum\Delta x_{испр}$ и $\sum\Delta y_{испр}$ должны быть равны 0, что является контролем уравнивания.

*Порядок выполнения работы:*

Все вычисления проводим в Ведомости координат Таблица 8 преподавателю на проверку.

*Контрольные вопросы*

1. Что называется приращением координат?
2. Как вычисляются приращения координат?
3. От чего зависят знаки приращений координат?
4. Как вычисляются невязки в приращениях координат?
5. По какой невязке судят о допустимости вычисленных невязок в замкнутом теодолитном ходе?
6. Как вычисляются и распределяются поправки в приращениях координат?
7. Решение какой геодезической задачи применяется при вычислении координат точек теодолитного хода?
8. В чём заключается контроль правильности

## Практическое занятие № 21

*Тема*:**Построение координатной сетки и плана полигона по координатам.**

*Цель работы:* Научиться правильно производить построение плана по координатам

*Материалы и принадлежности:* Ведомость координат теодолитного хода. Вычисленная в предыдущем задании. Чертежные принадлежности. Ватман размера А4.

*Содержание практического занятия*

1. Построить координатную сетку.
2. Построить план теодолитного хода по координатам.

*Основные теоретические понятия*

План теодолитного хода вычерчивается на листе чертёжной бумаги формата А4 в масштабе 1:500.

*1. Построение координатной сетки.* Координатная сетка вычерчивается в виде сетки квадратов со сторонами 25×25м, в масштабе плана 5×5 см. Необходимое количество квадратов сетки определяется исходя из значений координат точек теодолитного хода в ведомости координат (Таблица 8). Для этого находят разности координат между максимальными и минимальными значениями координат. Полученную разность делят на 25 м, округляют частное в большую сторону – это и будет число квадратов, необходимое для размещения теодолитного хода внутри сетки квадратов.

При оцифровке координатной сетки необходимо помнить, что в геодезии ось X направлена на север (снизу вверх или в верхний край листа), а ось Y – на восток (слева направо). Поэтому нижняя линия квадратов подписывается числом меньшим, чем $X_{мин.}$, а крайняя левая линия числом, меньшим чем $Y_{мин.}$, но кратным 25м.

Сетка квадратов имеет наружную и внутреннюю рамки, проведённые на расстоянии друг от друга 10 мм и образующие зарамочное оформление плана. В нём оцифровывается координатная сетка квадратов.

В центральной части внутренней рамки сетки квадратов сплошные линии не проводятся, а показывают только пересечение координатных линий в виде крестика в диаметре 5 ÷ 6 мм в соответствии «Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500».

*2. Построение плана по координатам*

Точки теодолитного хода наносят на план с помощью линейки поперечного масштаба. Для этого предварительно определяют квадрат, в котором находится точка. Затем по боковым сторонам квадрата откладывают отрезки, равные разности абсцисс точки и линии сетки, полученные точки соединяют линией и вдоль неё откладывают отрезок, равный разности ординат точки и линии сетки.

*Порядок выполнения работы:*

Задача №1. Определяем число квадратов по оси X и по оси Y. Для этого из ведомости координат (Таблица 8) выбираем координаты

$X_{макс.} \approx 186$ м, $X_{мин.} \approx 111$ м,

$Y_{макс.} \approx 687$м, $Y_{мин.} \approx 617$ м.

Но учитывая кратность стороны, равной 25 м, нижняя линия квадрата по оси X не может быть оцифрована 110 м, а 100 м и верхняя – не 185 м, а 200 м, вычисляем

nx = (200 - 100): 25 = 4.

Аналогично, по оси Y, левая линия квадрата не может быть оцифрована значением 617 м, а 600 м; правая линия соответственно – 700 м. Вычисляем

ny = (700 - 600): 25 = 4.

На формате А4 число квадратов 4 × 4 не помещается. Можно уменьшить один квадрат на половину сY слева, оцифровку начать со значения 612,50 м/

Такое размещение квадратов способствует правильному положению штампа и чтению текста в нём, который размещается по направлению оси X.

Задача №2.Рассмотрим нанесение точки 1 теодолитного хода Рисунок 27.

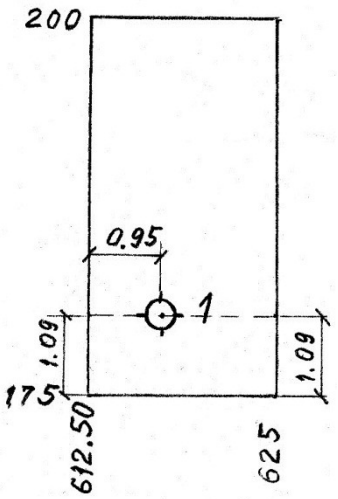



Рисунок 27.

Точка 1 ($X_1$ = 180,45; $Y_1$ = 617,22) будет лежать по оси X между линиями, оцифрованными 175 и 200, а по оси Y – между линиями 612,50 и 625 (Рисунок 27). Для построения точки откладываем по боковым сторонам от горизонтальной линии с цифрой 175 отрезки (180,45 – 175): 5 = 1,09 см. Соединяем их линией и на ней от вертикальной стороны квадрата, обозначенной 612,50 откладываем отрезок, равный (617,22 – 612,50): 5 = 0,95 см и получаем точку 1. Следует напомнить, почему делится разность координат на 5, так как масштаб 1:500 в пояснительный переведённый, означает в 1 см 5 м, отрезки получаем в см.

Аналогично строятся все другие точки хода. Полученные точки накалывают и обводят кружком диаметром не более 3 мм. Точки соединяют линиями (внутрь кружков линии не заводят). Около каждой точки справа подписывают её номер. Стороны теодолитного хода обозначают проведением горизонтальной линии к условной её середине. Сверху пишется направление, заданное дирекционным углом или румбом, снизу – длина стороны в метрах.

*Контрольные вопросы*

1. Что называется теодолитным ходом?
2. Что называется координатами точек?
3. Что называется ситуацией?
4. Что такое абрис?
5. В какой системе координат строится план теодолитного хода?
6. Какие способы ситуации применяются при нанесении её на план?

## Практическое занятие № 22

*Тема*:**Изучение устройства электронного тахеометра. Приведение в рабочее положение, техника наведения, снятие отсчётов.**

*Цель работы:*Изучить состав, назначение, устройство составляющих комплекта электронного тахеометра, выполнить внешний осмотр тахеометра, проверку взаимодействия сборочных единиц

*Материалы и принадлежности:*электронный тахеометр, считывающее устройство, карта памяти, соединительные кабели, отражатели, штативы, зарядное устройство, аккумуляторы, веха.

*Содержание практического занятия*

1. Изучить устройство электронного тахеометра непосредственно на приборе. Написать названия пронумерованных основных частей и осей. Составить схему прибора.

*Основные теоретические понятия*

***Электронный тахеометр*** – это универсальный оптико-электронный геодезический прибор, позволяющий выполнять, большинство основных геодезических работ с высокой точностью измерений. Данный геодезический прибор сочетает в себе теодолит, нивелир и светодальномер.

Тахеометром можно производить отдельные геодезические измерения:

- горизонтальных и вертикальных углов;
- расстояний;
- определение полярных координат;
- определение превышений и абсолютных отметок точек;

- определение прямоугольных координат.

С помощью электронного тахеометра можно выполнять следующие комплексные геодезические задачи:

- создания сетей планово-высотного обоснования;
- выполнения топографических съемок;
- выполнения исполнительных съемок;
- автоматизированного решения в полевых условиях различных геодезических и инженерных задач при помощи прикладных встроенных программ.

***Устройство электронного тахеометра***

Рассматривая устройство электронного тахеометра, следует отметить в нем три составные части:

- оптическую;
- механическую;
- электронную.

Отличительной особенностью электронных тахеометров считается наличие двух важных узлов:

- светодальномера с инфракрасным светодиодом фазового и импульсного способа измерения расстояний и передачей их на жидкокристаллический дисплей;
- электронно-цифрового вычислительного устройства с программным обеспечением, всевозможными режимами работы и панелью с дисплеем, позволяющем отображать все результаты на своем экране.

***К системе ориентирования*** относятся геометрия осей взаимосвязанных элементов, механических узлов, уровней (горизонтального, круглого, электронного), отвесных приспособлений, компенсаторов и механизмы крепления.

***К измерительной системе*** можно причислить устройства горизонтального и вертикального кругов с системой отсчитывания по лимбам и цифрового преобразования угловых значений, светодальномерное устройство с механизмами измерения и вычисления линейных величин.

В ***систему управления*** входят рабочая панель с экранным дисплеем, электронно-вычислительное и программное обеспечение, позволяющее выбирать необходимые режимы задач и управления ими.

Тахеометр состоит из двух основных частей:

- неподвижной части (основание прибора);
- подвижной алидадной части.

**Неподвижная** часть представляет собой подъемное трехопорное устройство (трегер), оснащенное круглым уровнем. Подвижная часть включает:

- алидадную колонку;
- пульт управления с экраном;
- цилиндрический уровень;

- зрительную трубу;
- оптический визир;
- аккумуляторную батарею;
- закрепительные и наводящие микрометренные винты.

**Состав электронного блока тахеометра** (в алидадной части) включает:

- угломерное устройство – кодовый теодолит с электронным сканированием горизонтальных и вертикальных кругов в определенных единицах (градусы, минуты, секунды);
- вычислительное устройство;
- записывающее устройство;
- программное обеспечение;
- жидкокристаллический экран;
- кнопочный пульт управления.

*Порядок выполнения работы:*

Задача №1 .Изучить на занятии устройство прибора. Составить схему прибора. Подробно описать.Изучить требования по подготовке комплекта прибора к работе по Техническому описанию к комплекту электронного тахеометра, правила техники безопасности и приобрести практические навыки по подготовке прибора к работе

*Контрольные вопросы*

1. Назначение электронных тахеометров.
2. Основные части электронного тахеометра
3. Краткие технические характеристики тахеометров и основных составляющих комплектов.
4. Назначение и порядок внешнего осмотра электронных тахеометров

## Практическое занятие № 23-25

*Тема*:**Обработка результатов полевых измерений и составление плана участка местности по результатам тахеометрической съемки.**

*Цель работы:* Познакомиться с порядком работы на станции при тахеометрической съемке. Научиться обрабатывать журнал съемки. Научиться наносить ситуацию на план.

*Материалы и принадлежности:*журнал тахеометрической съемки и абрис 9выдается преподавателем. Рабочая тетрадь, чертежные принадлежности, калька.

*Содержание практического занятия*

1. Обработать материалы тахеометрической съемки

2. Построить план по тахеометрической съемки.

<u>*Основные теоретические понятия*</u>

***Обработка материалов тахометрической съёмки*** – журнал тахеометрической съёмки (Таблица 10) – включает:

- проверку полевых журналов
- вычисление углов наклона;
- вычисление горизонтальных расстояний до реечных точек (точек
- ситуации местности и рельефа);
- вычисление превышений и высот реечных точек на каждой станции;
- нанесение точек ситуации и рельефа на план и проведение горизонталей.

Вычисление в журнале тахеометрической съёмки ведут в следующей последовательности:

1. Вычисляют расстояния до реечных точек как разность отсчётов по нижней и верхней нитям дальномера теодолита и эту разность умножают на коэффициент дальномера К = 100. Отсчёты по дальномеру даны в миллиметрах(колонки 3 и 4). Например, наклонное расстояние S для первой точки тахеометрического журнала (Таблица 10) равно:

*$S_1$ = (1200 – 0200) 100 = 1000 мм*100 = 100,0 м*

2. Вычисляют углы наклона линий на пикете для теодолитов с основным положением теодолита «круг лево» по формуле:

$\nu = \text{КЛ} - \text{МО},$

а для теодолитов с основным положением теодолита «круг право» по формуле:

$\nu = \text{КП} - \text{МО},$

где КП и КЛ – соответствующие отсчёты по вертикальному кругу.

Если отсчёт по вертикальному кругу близок к 360°, то из отсчёта КЛ вычитают 360°.

*Примечание: формула определения угла наклона для каждого прибора своя.*

*Пример для точки 1:*

ν = 2° 10′ – (– 3′) = +2° 13′;

3. Углы наклона записывают в столбец 8 с указанием знака «плюс» или «минус».

4. Вычисляют горизонтальные проложения d и превышения h каждого пикета над съёмочной точкой по формулам:

$$d = S \cdot \cos^2 \nu$$

$$h = d \cdot \tan \nu + i - \upsilon$$

где S – наклонное расстояние; $i$ – высота инструмента, $\upsilon$ – высота наведения (визирования).

Если визирование выполнено на высоту инструмента, т. е. υ = i, то превышение вычисляют по формуле:

$h = d \cdot \tan \nu$.

5. Высоты реечных точек Н вычисляют по формуле:

$H_1 = H_{CT} + h$ .

При вычислении высот реечных точек следует обязательно учитывать, что каждая съёмочная станция имеет свою высотную отметку ($H_{CT}$), а превышение h имеет знак «плюс» или «минус».

Таблица 10

## Журнал тахеометрической съемки (пример)

***Станция I, ориентировка на станцию II при КЛ, МО =-0°3', i=1,43 м, Нст = 175,82 м***

| № точки наблюдения | высота наведения, v | отсчеты по рейке | | | отсчеты | | | | Угол наклона, v | | расстояние d, м | превышение h, м | высота Н, м | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | нижний Н | верхний В | разность | ГК | | ВК | | | | | | | |
| | | | | | ° | ′ | ° | ′ | ° | ′ | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | 10 | 11 | 12 |
| **Ст. II** | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | |
| **1** | 2,80 | 1200,00 | 200,00 | 1000,00 | 87,00 | 50,00 | 2,00 | 20,00 | +2 | 23,00 | 99,90 | 2,50 | 178,32 | редколесье |
| **2** | 1,43 | 1500,00 | 200,00 | 1300,00 | 141,00 | 17,00 | 359,00 | 59,00 | +0 | 2,00 | 130,00 | 0,08 | 175,90 | редколесье |
| **3** | 1,43 | 2000,00 | 750,00 | 1250,00 | 194,00 | 50,00 | 0,00 | 20,00 | +0 | 23,00 | 125,00 | 0,84 | 176,66 | редколесье |
| **4** | 1,43 | 1800,00 | 720,00 | 1080,00 | 270,00 | 0,00 | 0,00 | 10,00 | +0 | 13,00 | 108,00 | 0,41 | 176,23 | редколесье |
| **Ст. III** | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | |

***Построение плана тахеометрической съёмки.***

Исходные данные для построения плана тахеометрической съёмки:

- координаты X и Y вершин теодолитно-тахеометрического хода (съёмочная сеть);
- высоты пикетов, вычисленные студентами в тахеометрическом журнале (Таблица 10);
- абрис станции тахеометрической съёмки.

Составление плана по результатам тахеометрической съёмки начинают с построения координатной сетки и нанесения по координатам станций теодолитно-тахеометрического хода. Координаты последних берут из ведомости координат.

Реечные точки (пикеты), отражающие ситуацию и рельеф местности, наносят на чертеж, на котором уже построена указанная сеть съёмочного обоснования. Эти точки наносят с использованием циркуля-измерителя, масштабной линейки и транспортира. Данные для нанесения берут из журнала тахеометрической съёмки, ориентируясь на абрис съёмки.

Направление на пикеты со станции строят по транспортиру. Например, при съёмке на точку ст. 1 (Таблица 10) лимб теодолита был ориентирован по направлению на точку ст. 2. Транспортир прикладывают центром к точке ст. 1 плана, а отсчёт 0°00′ совмещают с направлением на точку ст. 2. Направление на точку 1 получают, отложив по ходу часовой стрелки по дуговой шкале транспортира 87°50′, а расстояние до реечной точки 1 – 99,9 м откладывают по полученной линии с помощью циркуля-измерителя (Рисунок 28).

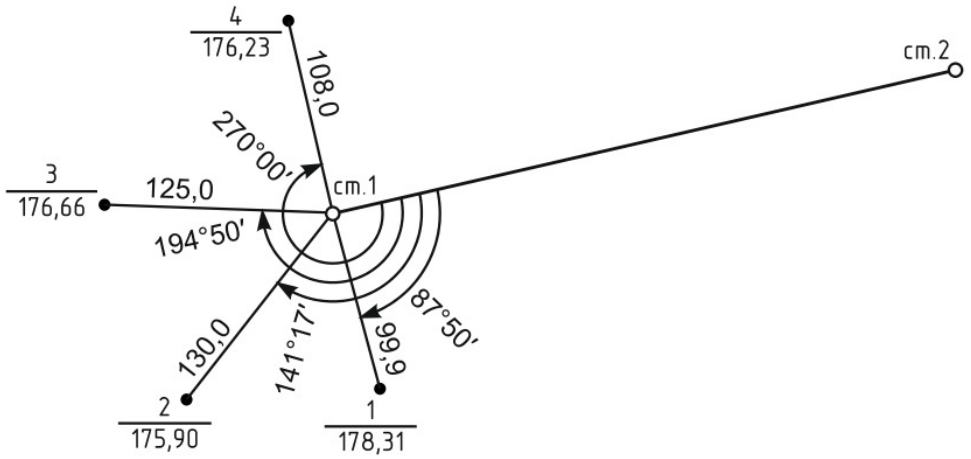



Рисунок 28. Пример нанесения реечных точек

План вычерчивают в строгом соответствии с условными знаками. На план сначала наносят контурные и контурно-высотные точки, затем – высотные. Соединяя точки согласно абрису и записей в журнале, строят контуры и местные объекты, вспомогательные линии удаляют.

Рельеф местности изображают горизонталями. Высота сечения рельефа дается в задании. Следы горизонталей определяют по направлениям линий ровных скатов, которые в абрисе указывают стрелками. Следы горизонталей на плане удобнее определять при помощи палетки (графический способ).

Допустим на линии 8-9 с высотными отметками точек 8 и 9, соответственно, 177,96 и 178,71 м, требуется найти положение точек с отметками, кратными выбранной высоте сечения рельефа $h_c$= 0,25 м, т. е. 178,00, 178,25 и 178,50 м. По этим точкам впоследствии пойдут горизонтали.

Для графического интерполирования используют палетку (кальку), т. е.полупрозрачную бумагу с рядом параллельных линий (Рисунок29, а), проведенных через равные промежутки (например, через 1 или 0,5 см). Линии оцифровываютсогласно выбранной высоте сечения рельефа и отметкам точек плана, между которыми проводят интерполирование. Накладывают палетку на линию 8-9(Рисунок 29, а) так, чтобы точка 8 оказалась на соответствующей отметке палетки,т. е. 177,96. Затем, прижав палетку в точке 8, вращают её вокруг этой точки, пока точка 9 не окажется на соответствующей отметке палетки, т. е. 178,71(Рисунок 29, б).

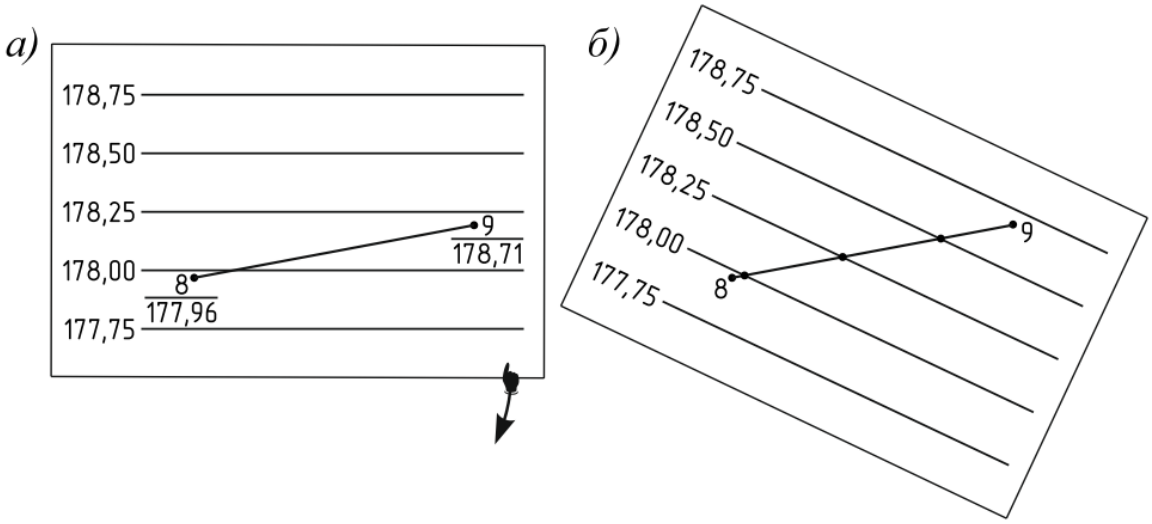



Рисунок 29. Графическое интерполирование горизонталей

Точки пересечения линии 8-9 линиями палетки переносят на план и у каждой из точек временно подписывают соответствующую отметку. Фиксировать на плане найденные точки положения горизонталей можно наколами иглы циркуля-измерителя (или просто надавливают острым карандашом). Аналогично проводят интерполирование всех других линий между смежными точками. Затем, полученные в результате интерполирования на плане точки с одинаковыми высотными отметками соединяют тонкими плавными кривыми линиями (толщина 0,1 мм) светло-коричневого цвета и получают изображение рельефа горизонталями. Горизонтали в пределах полигона не должны прерываться, сливаться или раздваиваться. Каждую пятую или четвёртую горизонталь (в зависимости от

высоты сечения) вычерчивают с утолщением и подписывают её высотной отметкой в разрыве вдоль самой горизонтали. Верх цифр подписи направляют в сторону повышения рельефа. Фрагмент плана тахеометрической съемки представлен на Рисунке 30.

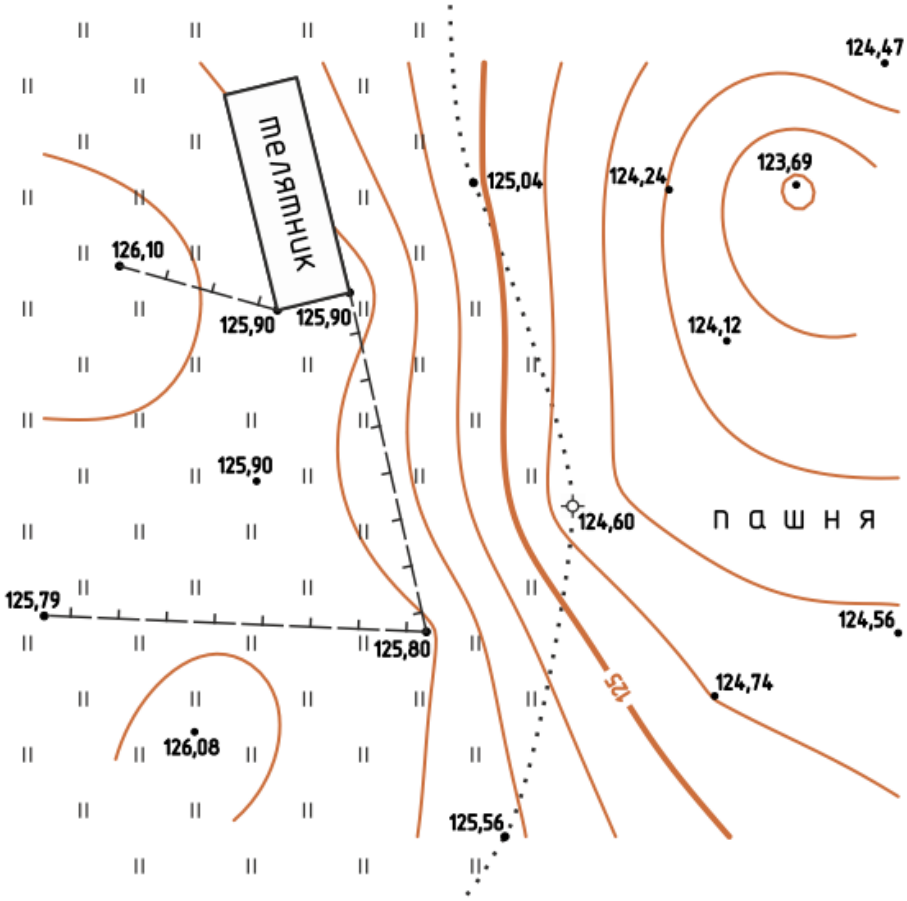



Рисунок 30. Фрагмент плана (пример)

*Порядок выполнения работы.*

Задача №1. По полученному заданию (вариант журнала тахеометрической съемки) провести вычисления по формулам из теоретической части. Пример вычисленного журнала приведен в Таблице 10.

Задача №2. Нанести на план реечные точки с 1 станции. Фрагмент готового плана приведен на Рисунке 30.

*Контрольные вопросы*

1. Понятие тахеометрической съемки
2. Какие приборы используют при тахеометрической съёмке?
3. Какие основные измерения выполняются на местности при создании теодолитно-тахеометрических ходов?
4. В чём заключается работа на станции при тахеометрической съёмке?
5. Как называется полевой документ, где изображают ситуацию на участке съёмки?
6. Каким образом изображают рельеф на планах?
7. В чем заключается интерполирование с помощью палетки?

## Практическое занятие № 26-28

*Тема*:**Изучение нивелира: устройство нивелиров 3Н3КЛ, 4Н3КЛ, Н3, Н3К, 2Н-10Л. Снятие отсчётов по рейкам. Поверки нивелиров.**

*Цель работы:* Изучить устройство нивелиров: основных его частей, осей; научиться приводить нивелир в рабочее положение, снимать отсчёты по рейкам, производить поверки нивелира.

*Материалы и принадлежности:*

Нивелиры, штативы, нивелирные рейки, плакаты.

*Содержание практического занятия*

1. Изучить устройство нивелиров с цилиндрическим уровнем и приведение их в рабочее положение.
2. Освоить технику наведения на рейки и снять отсчёты по рейкам.
3. Выполнить поверки нивелиров 3Н3КЛ, 4Н3КЛ, Н3.

*Основные теоретические понятия*

***Классификация нивелиров.***

***По устройству*** различают следующие типы нивелиров

1. Нивелиры с уровнем при зрительной трубе: Н-10, Н-3, Н-05, 3Н-5Л и др. Буква Л в шифре обозначает наличие у нивелира лимба горизонтального круга.
2. Нивелиры с компенсатором углов наклона. Компенсатор – устройство автоматически приводящее визирную ось зрительной трубы нивелира в горизонтальное положение. Такими нивелирами являются: Н-3К, 3Н-2КЛ и др.
3. Лазерные нивелиры излучают видимый пучок света (НЛ-10) Отсчет берется по световому пятну на рейке.
4. Цифровые нивелиры автоматически формируют отсчет по рейкешкала которой представляетсобой штриховой код. Снабжены компенсатором углов наклона. Отсчеты по рейкам регистрируются на магнитномносителе. Примером такого прибора является нивелирSDL30M,Япония.

***По точности***нивелиры подразделяются на следующие типы

1. Высокоточные Н-05 предназначенные для измерения превышений на 1 км нивелирного хода со средними квадратическими ошибками до 0.5 мм.
2. Точные 3Н-2КЛ, Н-3, Н-3К, со средними квадратическими ошибками до 2мм и 3 мм.
3. Технические 3Н-5Л со средними квадратическими ошибками до 5мм.

***Устройство нивелира Н-3***

Для выполнения измерений нивелир устанавливают на штативе и подъемными винтами 1 приводят пузырек круглого уровня 2 в нуль-пункт (Рисунок 31). Пользуясь закрепительным 8 и наводящим 9 винтами наводят зрительную трубу на рейку. Вращением диоптрийного кольца окуляра 4 фокусируют трубу «по глазу», а вращением винта кремальеры 6 – «по предмету». В поле зрения трубы будут видны штрихи сетки нитей изображение нивелирной рейки и в отдельном окошкеслева изображениядвух половинок цилиндрического уровня (Рисунок 32).

Рисунок 31. Устройство нивелира Н-3

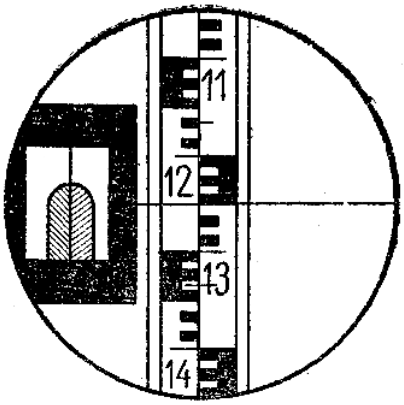



Рисунок 32. Поле зрения трубы нивелира Н-3

Элевационный винт 3 изменяющий наклон трубы 7 и цилиндрического уровня 10 служит для приведения оси уровня в горизонтальное положение. Ось уровня горизонтальна, если его пузырек находится в нуль-пункте, на что указывает совмещениеконцов изображений половинокуровня в поле зрения трубы (Рисунок 32).

При техническом нивелировании используют рейки РН-3 деревянные, складные, длиной 3 метра.Основная шкала имеет деления черезĕĊсм черного и белого цвета, ноль совмещен с пяткой рейки. Дополнительная шкала на другой стороне рейки имеет такие же чередующиеся красные и белые деления.Отсчет берут по средней горизонтальной нити. При этом считают

написанное на рейке число дециметров, сантиметров и на глаз оценивают миллиметры. Например, Отсчёт по средней горизонтальной нити равен 1250 (Рисунок 32).

***Поверки нивелиров.***

*1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.*

Круглый уровень устанавливают между любыми двумя подъёмными винтами и вращением всех трёх подъёмных винтов пузырёк круглого уровня приводят в нуль-пункт. Затем поворачивают уровень на $180^0$ . Если пузырёк круглого уровня остался в центре, условие выполнено.

*2. Вертикальная нить сетки в рабочем положении нивелира должна быть отвесна, а горизонтальная - перпендикулярна к ней.*

Завод гарантирует перпендикулярность нитей сетки зрительной трубы и поэтому поверяют только одну вертикальную нить. Вертикальную нить наводят на отвесную линию, расположенную на расстоянии 20 ÷ 30 м от нивелира. Если вертикальная нить сетки совпадает с отвесной линией, значит сетка установлена правильно. В противном случае снимают окулярную часть трубы и открепив исправительные винты, поворачивают пластинку в нужную сторону.

*3.* Главное условие нивелира. *Визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня.*

Поверку выполняют способом «из середины». Превышение между точками (задней и передней рейками, стационарно установленными в кабинете) определяется с трёх станций по формуле:

$h = З – П$

При разностях в превышениях на станциях меньше или равно 4 мм ($z \leq$ 4 мм), условие выполнено. В противном случае производят исправление, действуя исправительными винтами цилиндрического уровня.

*Порядок выполнения работы:*

Задача №1. Ознакомиться с устройством и назначением каждой части нивелира, написать названия пронумерованных на рис. 1 основных частей. Обозначить основные оси прибора.

Задача№2. Снять отсчёты по чёрной и красной сторонам реек. Изобразить поле зрения трубы с отсчётами по чёрной и красной сторонам реек в тетрадях по приведённым примерам.

Задача №3. Выполнить поверки. Результаты записать в тетрадь. После выполнения каждой поверки обязательно написать вывод о исправности нивелира или его части.

*Контрольные вопросы*

1. Классификация нивелиров.
2. Какое нивелирование называется геометрическим?
3. Для чего нужен элевационный винт в нивелире?

4. Назовите главное условие нивелира.
5. Как приводится нивелир в рабочее положение?
6. В чём суть способа нивелирования «из середины»?
7. Назовите основные части нивелира Н3 на схеме.

## Практическое занятие № 29

*Тема*:**Тригонометрическое нивелирование.**

*Цель работы:* Освоить порядок работы при определении превышения методом тригонометрического нивелирования. Научиться заполнять и обрабатывать журнал тригонометрического нивелирования.

*Материалы и принадлежности:* Журнал тригонометрического нивелирования (выдается преподавателем), рабочая тетрадь, чертежные принадлежности.

*Содержание практического занятия*

1. Вычислить превышения при тригонометрическом нивелировании.

*Основные теоретические понятия*

В зависимости от применяемых приборов нивелирование делится на несколько видов. Основными являются геометрическое и тригонометрическое нивелирование. Геометрическое нивелирование выполняют нивелиром, тригонометрическое – теодолитом.

Тригонометрическое нивелирование – это нивелирование наклонным лучом, при этом превышение определяют как функцию измеренного расстояния и вертикального угла.

Для измерения превышения между точками А и В в точке А устанавливают теодолит, а в точке – рейку (Рисунок 33). Рулеткой или рейкой измеряют высоту теодолита $i$ и отмечают ее на рейке. Наводят зрительную трубу на рейку так, чтобы вертикальная нить сетки проходила по середине рейки, а горизонтальную нить совмещают с отмеченной высотой теодолита. Измеряют теодолитом вертикальный угол ν, а лентой или рулеткой наклонное расстояние D. Превышение вычисляют по формуле

$$h = d \cdot \tan \nu$$

где d – горизонтальное проложение$d = D \cos \nu$.

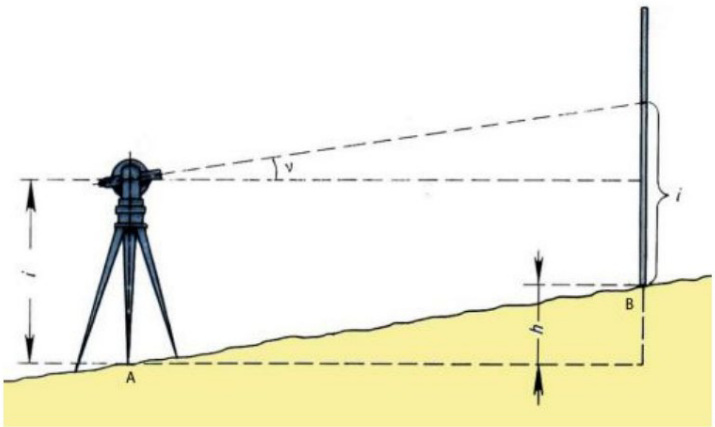



Рисунок 33. Тригонометрическое нивелирование

В случаях, когда не видно ту часть рейки, на которой отмечена высота теодолита, визируют на верх рейки и превышение вычисляют по формуле:

$$h = d \cdot \tan \nu + i - \upsilon$$

где$\upsilon$ - высота визирования. Если расстояние между точками А и В измеряют нитяным дальномером, то превышение вычисляют по формуле:

$h = Cn \sin 2\nu$ или $h = Cn \sin 2\nu + i - \upsilon$.

***Порядок работ по измерению превышения теодолитом.***

1. Установить теодолит над точкой А и привести его в рабочее положение.

2. Рейкой измерить высоту теодолита $i$ от поверхности пола до оси вращения зрительной трубы (точка на винте кремальеры) с точностью до см.В нашем примере $i$ = 1,34 м.

3. При круге лево навести трубу на рейку так, чтобы вертикальная нить сетки проходила по середине рейки, а горизонтальную совместить с величиной υ равной высоте теодолита $i$ и взять отсчет по вертикальному кругу. В нашем примере КЛ = 4°37′.

4. Аналогично навести трубу на рейку при круге право и взять отсчет по вертикальному кругу. В нашем примере КП = - 4°39′.

5. Не меняя визирование, наводящим винтом зрительной трубы установить *верхний штрих* сетки нитей на ближайшее целое деление рейки и сосчитать число сантиметровых делений рейки $n$ до нижнего штриха. В нашем примере $n$ = 5,8 см , D = Cn=5,8 м.

6. Вычислить вертикальный угол по формуле$\nu = (\text{КЛ} - \text{КП})/2$. В нашем примере$\nu = \left(4°37' - (-4°39')\right)/2 = 4°38'$

7. Вычислить превышение по формуле$h = Cn \sin 2\nu$. В нашемпримере$h$ = 0,47 м.

***Уравнивание по высоте замкнутого теодолитного хода.***

Уравнивание по высоте замкнутого теодолитного хода, где превышение между точками определили тригонометрическим нивелированием, производят в следующем порядке.

1. Определяем горизонтальное проложение по формуле описанной выше.

2. Вычисляем превышение вычисленное по формуле:

$h_{выч} = d \cdot tg\upsilon$.

3. Определяем высотную невязку хода по формуле: $fh = \sum h_{выч} - \sum h_{теор}$

Для замкнутого хода $fh = \sum h_{выч} - 0 = \sum h_{выч}$

где $\sum h_{теор}$ - теоретическая сумма превышений, для замкнутого хода равна нулю.

4. Сраниваем невязку с допустимым значением: $fh_{доп} = \frac{0.04 \cdot P}{\sqrt{n}}$;

где P – периметр хода, n – количество сторон хода.

5. Вычисляем поправок в измеренные превышения по формуле $V_{hi} = -\frac{fh}{P} d_i$.

Поправки нужно округлять до миллиметров (или в метрах – до третьего знака после запятой);

*Контроль:* $\Sigma V_{hi} = -fh$ ; если контроль не выполняется хотя бы на 1 миллиметр, то нужно исправить одну или несколько поправок на 1 миллиметр, начиная с самой длинной секции, до абсолютного выполнения контроля.

6. Исправленное превышение находим по формуле $h_{испр} = h_{выч} + V_{hi}$

7. Вычисляем высотные отметки точек по формуле: $H_{i+1} = H_i + h^{испр}{}_{i-i+1}$

Все данные заносим в ведомость и производим расчет по формулам горизонтальных превышений и высотных отметок.

*Порядок выполнения работы*

Обработать журнал тригонометрического нивелирования, по методике, описанной выше. Вариант обработанного журнала замкнутого хода приведен в Таблице 11.

Таблица 11.

Ведомость увязки превышений тахеометрического хода
и вычисление отметок станций

| №№ Станц. | Расст. $d_{100}$ | Превышения, м | | | Поправ-ки, $v_h$, м | Испр. $h_{испр}$, м | От-метки, Н, м | №№ Станц. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $h_{пр}$ | $h_{обр}$ | $h_{ср}$ | | | | |
| I | | | | | | | 100,00 | I |
| II | 3,00 | -4,17 | +4,13 | -4,15 | -0.04 | -4.19 | 95,81 | II |
| III | 2,6 | -0,30 | +0,26 | -0,28 | -0.02 | -0.30 | 95,51 | III |
| IV | 2,4 | +0,90 | -0,92 | +0,91 | -0.02 | +0.89 | 96,40 | IV |
| V | 2,7 | +6,87 | -6,92 | +6,90 | -0.03 | +6.87 | 103,27 | V |
| | 1,9 | -3,24 | +3,28 | -3,26 | -0.01 | -3.27 | | |
| $\sum d_{100}$ | 12,6 | | $\sum h_{ср}$ | +0,12 | -0,12 | 0,00 | | |

$f_h = \sum h_{ср} - \sum h_{теор} = 0,12 - 0 = +0,12$;

$$f_h(доп) = \frac{0,04 \sum d_{100}}{\sqrt{n}} = \frac{0,04 \cdot 12.6}{\sqrt{5}} = 0.22 \text{ м}$$

$$v_h = \frac{-f_h * d_{100}}{\Sigma d_{100}}$$

*Контрольные вопросы*

1. Каким прибором выполняется тригонометрическое нивелирование
2. Какие виды нивелирования являются основными?
3. Как выполняется тригонометрическое нивелирование?
4. Как выполняется уравнивание тригонометрического хода?

## Практическое занятие № 30

*Тема*: **Вычисление журнала нивелирования трассы по результатам полевого трассирования.**

*Цель работы:* Научиться обрабатывать журнал технического нивелирования

*Материалы и принадлежности:* Журнал нивелирования трассы с отсчётами. (выдается преподавателем). Рабочая тетрадь, чертежные принадлежности.

*Содержание практического занятия*

1. Вычислить превышения, определить среднее превышение на станции.
2. Вычислить отметки пикетных точек, плюсовых и точек поперечных профилей.
3. Выполнить постраничный контроль.

*Основные теоретические понятия*

*Трассой* называют продольную ось линейного сооружения.

Основными документами, по которым осуществляется проектирование трассы, являются ее план и профили. План получают по результатам съемки местности вдоль трассы. *Профили* – продольный и поперечные – по результатам геометрического нивелирования.

*Порядок выполнения работы*

Журнал нивелирования со схемой трассы и исходными данными по нивелированию выдаётся каждому студенту к данному практическому занятию.

Для выполнения расчётной части работы на практическом занятии разработано методическое пособие по теме: «Вычисление журнала нивелирования, построение подробного продольного и поперечных профилей трассы».

В первой части методического пособия «Вычисление журнала нивелирования трассы» подробно изложено выполнение данной практической работы с объяснением и порядком выполнения.

*Контрольные вопросы:*

1. Что называется пикетом?

2. Что называется связующей точкой?
3. Как вычисляются отметки пикетных точек?
4. Сколько отсчётов берётся на промежуточную точку?
5. По какой формуле вычисляются отметки промежуточных точек?
6. Какие точки передают отметки с одной станции на другую?

## Практическое занятие № 31

*Тема*: **Составление подробного продольного профиля.**

*Цель работы:* Приобрести практические навыки последовательности составления подробного продольного профиля.

*Материалы и принадлежности:* Журнал нивелирования трассы с вычисленными отметками точек, рабочая тетрадь, чертежные принадлежности, миллиметровая бумага.

*Содержание практического занятия*

1. Составить подробный продольный профиль: вычертить профиль чёрной земли.

*Основные теоретические понятия*

Исходными данными для составления продольного профиля трассы являются пикетажная книжка, обработанный журнал нивелирования трассы, ведомость прямых и кривых. Продольный профиль составляется на миллиметровой бумаге в карандаше. Горизонтальный масштаб продольного профиля – 1:1000, вертикальный – 1:100.

*Порядок выполнения работы*

Для выполнения задания на практическом занятии и самостоятельной работы разработано методическое пособие к расчётно-графической работе по теме: «Построение и проектирование подробного продольного и поперечных профилей сооружения линейного типа», автор, преподаватель геодезии СГМКСиП Н.А. Лобанова

*Контрольные вопросы*

1. Что называется подробным продольным профилем?
2. Что обозначает плюсовая точка на местности?
3. Как вычисляется отметка условного горизонта?
4. Какие условия необходимо соблюдать при проектировании проектной линии?
5. В каких масштабах составляется продольный профиль?

## Практическое занятие № 32

*Тема*: **Нанесение проектной линии на профиль и вычисление проектных данных.**

*Цель работы:* Приобрести практические навыки последовательности проектирования подробного продольного профиля. Научиться вычислять проектные и рабочие отметки, положение точек нулевых мест.

*Материалы и принадлежности:* Журнал нивелирования трассы с вычисленными отметками точек, рабочая тетрадь, чертежные принадлежности, миллиметровая бумага.

*Содержание практического занятия*

1. Нанести проектную линию на профиль: определить точки переломов профиля, вычислить проектные уклоны и отметки по концам элементов проектной линии.
2. Вычислить проектные (красные) и рабочие отметки, положение точек нулевых мест.

*Порядок выполнения работы*

Порядок проведения проектной линии с определением точек переломов, вычислением уклонов и отметок по ней приведено в главе 2 подпункте 2.1 выше упомянутого методического пособия.

Выполнением второй части задания является заполнение в графе: «Проектные данные» сетки продольного профиля граф: «Отметка бровки земляного полотна» и «Уклон, $‰$ / длина, м». На продольном профиле показываются рабочие отметки и положение точек нулевых мест.

Последовательность выполнения расчётно-графических частей этого задания приведено в методическом пособии: «Построение и проектирование подробного продольного и поперечных профилей сооружения линейного типа», автор Н.А. Лобанова в главе 2 подпункте 2.2.

*Контрольные вопросы*

1. Как и в каких единицах показывается уклон на продольном профиле?
2. По какой формуле вычисляется проектная отметка последующей линии?
3. Что называется рабочей отметкой и как она вычисляется?
4. Что называется нулевой точкой?

## Практическое занятие № 33

*Тема*: **Определение высот промежуточных точек на трассе. Построение поперечного профиля.**

*Цель работы:* Приобрести навыки обработки журнала нивелирования промежуточных точек. Научиться строить поперечный профиль трасы

*Материалы и принадлежности:* Журнал нивелирования трассы с вычисленными отметками точек, рабочая тетрадь, чертежные принадлежности, миллиметровая бумага.

*Содержание практического занятия*

Для определения рельефа местности, которая прилегает к оси нивелирования, часто проводят нивелирование в поперечном направлении. Для этого на местности разбивают перпендикулярно к оси нивелирования так называемые поперечника. Их разбивают по обе стороны от трассы на расстояние 25-50 м. На поперечниках закрепляют кольями точки переломов рельефа и на "сторожках" указывают их положение относительно оси нивелирования.

На станции, где наблюдались промежуточные точки, вычисляют горизонт инструмента:

$$ГИ = H_1 + a_{чт1}$$

где Н – отметка задней или передней связующей точки; а – отсчет по черной стороне рейки на этой точке.

Отметка промежуточной точки равна горизонту инструмента минус отсчет по рейке на промежуточной точке :

$$H_i = ГИ - a_i$$

***Построение поперечных профилей*** производят в следующей последовательности:

1. Вычерчивается сетка, состоящая из двух строк: нижняя –строка расстояний, верхняя – строка высот (Рисунок 34).

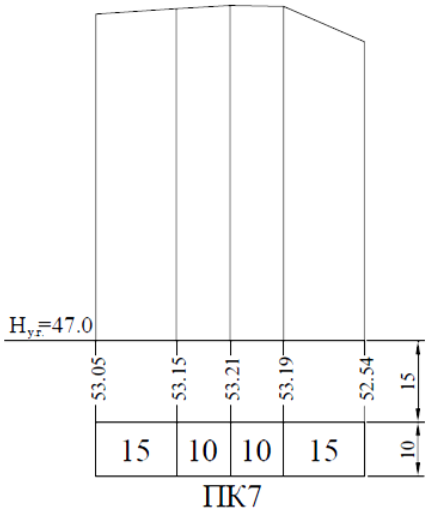



Рисунок 34. Поперечный профиль

2. По центру сетки подписывается пикетажное значение точки, на которой разбит поперечный профиль.

3. В нижней строке сетки записывают расстояния между точками поперечного профиля.

4. Из журнала нивелирования трассы выбираются высоты характерных точек поперечного профиля с округлением до сантиметров и записываются в верхнюю строку сетки.

5. Верхняя линия верхней графы служит основанием или линией условного горизонта поперечного профиля, около которой подписывается отметка условного горизонта. Отметка условного горизонта определяется кратной одному метру с таким расчетом, чтобы самая нижняя точка профиля располагалась не ближе 5 см к линии условного горизонта.

6. На перпендикулярах, проведенных от основания профиля из точек поперечного профиля, в масштабе 1:100 откладываются отрезки, равные разностям отметок точек и отметки условного горизонта.

*Порядок выполнения работы*

По вычаленным данным, журнала нивелирования на миллиметровой бумаге строится поперечный профиль. На него наносится вся необходимая информация.

*Контрольные вопросы*

1. Что такое поперечный профиль?
2. Что такое горизонт инструмента?
3. Что такое отметки земли
4. Как построить поперечный профиль?

## Практическое занятие № 34

*Тема*: **Вычисление элементов и главных точек кривых. Построение плана линии.**

*Цель работы:* Научиться вычислять элементы и главные точки кривой, построить план линии.

*Материалы и принадлежности:* Таблицы для разбивки кривых на железных дорогах, рабочая тетрадь, чертежные принадлежности, миллиметровая бумага.

*Содержание практического занятия*

1. Вычислить элементы и главные точки кривых.
2. Построить план линии

*Порядок выполнения работы*

Последовательность выполнения расчётно-графических частей этого задания приведено в методическом пособии: «Построение и проектирование

подробного продольного и поперечных профилей сооружения линейного типа», автор Н.А. Лобанова в главе 2.

Расчёт элементов и главных точек кривых выполняется в соответствии с главой 2.3 подпункта 2.3.1 выше названного методического пособия. Они являются данными для построения плана линии в графе «Прямые и кривые в плане» на продольном профиле.

*Контрольные вопросы*

1. Что называется вершиной угла ВУ?
2. Что называется углом поворота трассы?
3. Какие два элемента кривой необходимо знать, чтобы вычислить остальные?
4. Что относится к главным точкам кривой?

## Практическое занятие № 35-36

*Тема*: **Детальная разбивка кривой. Составление схемы разбивочных работ.**

*Цель работы:* Познакомиться со способами детальной разбивки кривой. Научиться составлять схему разбивочных работ для разбивки кривой на местности.

*Материалы и принадлежности:* Таблицы для разбивки кривых на железных дорогах, рабочая тетрадь, чертежные принадлежности, миллиметровая бумага.

*Содержание практического занятия*

1. Изучить методику детальной разбивки круговых кривых способом прямоугольных координат. Составить схему разбивочных работ для разбивки кривой на местности.
2. Изучить методику детальной разбивки круговых кривых способом продолженных хорд. Составить схему разбивочных работ для разбивки кривой на местности.

*Основные теоретические понятия*

Детальная разбивка состоит в закреплении на местности точек кривой через небольшие, равные отрезки, обычно 10 или 20 м. Существует значительное количество способов, наиболее популярные это: способ прямоугольных координат и способ проложенных хорд.

***Способ прямоугольных координат*** является наиболее точным и простым; он применяется в открытой равниной местности. При этом способе положение точек на кривой через равные промежутки $k$ определяются прямоугольными координатами.Направление НК – ВУ принимается за ось абсцисс, причем ее начало располагается в точке НК. Перпендикулярное

направление от НК к центру условной окружности с радиусом *R*принимается за ось ординат (Рисунок 35).

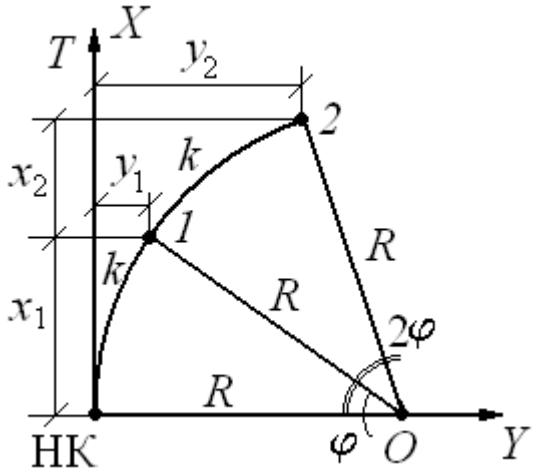



Рисунок35. Схема к разбивке кривой способом прямоугольных координат

Координаты точки*1*на кривой находятся по формуле:

$$x_1 = R\sin\varphi$$

$$y_1 = 2R\sin^2\frac{\varphi}{2}$$

Где φ – центральный угол, соответствующий заданной дуге $k$ определяется по формуле:

$$\varphi = \frac{360°}{2\pi R}k = \frac{180°}{\pi R}k$$

Координаты точки 2находятся по формуле:

$$x_2 = R\sin 2\varphi$$

$$y_2 = 2R\sin^2\varphi$$

Таким же образом находятся координаты всех точек, лежащих на участке кривой от НК до СК.(где n – номер точки)

$$x_n = R\sin n\varphi$$

$$y_n = 2R\sin^2\frac{n\varphi}{2}$$

Вторая часть кривой строится аналогично, но за ось абсцисс в этом случае принимается направление КК – ВУ, а за ось ординат принимается перпендикулярное направление от точки КК к центру условной окружности.

Критерием качества выполненной работы является точное схождение двух полученных частей кривой к точке СК.

Также данные для разбивки можно выбрать из «Таблиц для разбивки круговых и переходных кривых» В.Н. Ганьшин.

***Способ продолженных хорд***применяют при разбивке кривых на застроенных и залесенных участках, в выемках и тоннелях.

Выбор системы координат и определение положения точки 1производится аналогично предыдущему способу.

Далее, с помощью рулетки измеряется длина отрезка НК – 1(этот отрезок является хордой элементарной дуги кривой*k*) и по продолжению этой хорды откладывается отрезок такой же длины*s*(Рисунок 36).

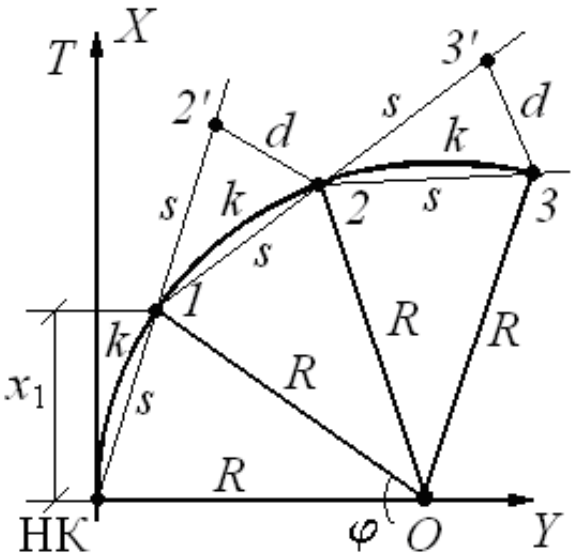



Рисунок 36. Схема к разбивке кривой способом продолженных хорд

В результате получают вспомогательную точку 2. Окончательное положение точки′2получают способом линейной засечки: от точки1откладывается дуга радиусом*s*, а от точки2дуга радиусом, вычисляемым по формуле

$$d = s^2/R$$

Далее с помощью рулетки измеряется расстояние от точки 1до точки2, продолжается на такое же расстояние, фиксируется вспомогательной точкой3, затем способом линейной засечки находится окончательное положение точки3.Таким образом находится положение всех точек на участке кривой от НК до СК.

Вторая часть кривой строится аналогично от точки КК к точке СК. Критерием правильности построений является точное схождение двух частей кривой к точке СК.

Недостатком этого способа является возможное накопление ошибок.

*Порядок выполнения работы*

Поданным предыдущей работы подготовить данные для разбивки круговых кривых.

Схемы разбивочных работ начертить на миллиметровой бумаге в свободном масштабе от НК до СК. На схемах следует указать размеры выносимых элементов и элементы для детальной разбивке.

Пример чертежа приведен на Рисунке 37.

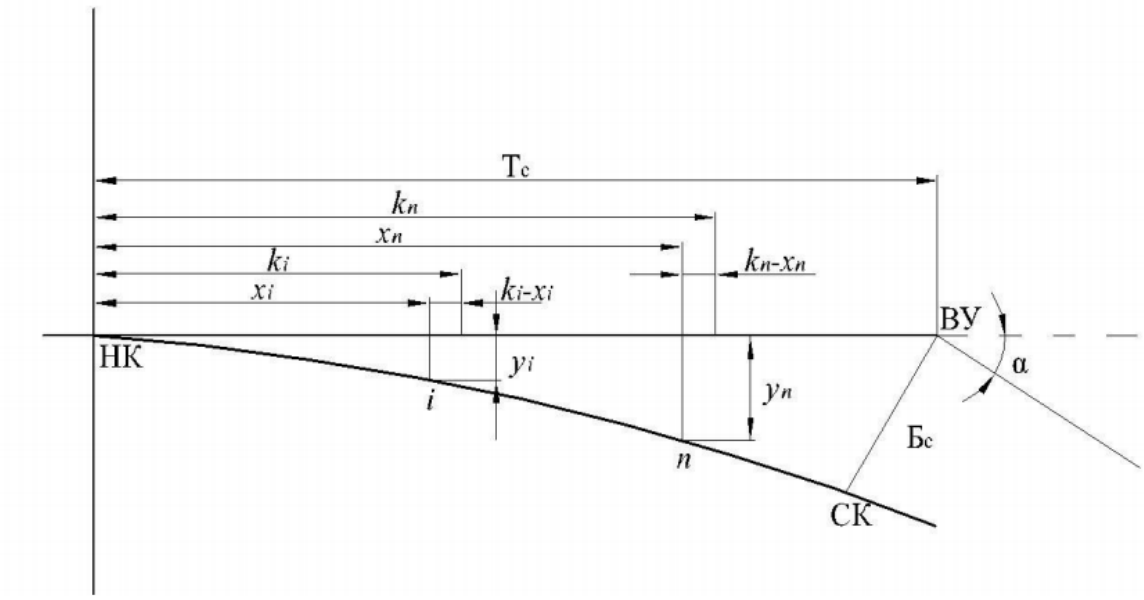



Рисунок 37. Схема детальной разбивки кривой способом прямоугольных координат.

*Контрольные вопросы*

1. Какие работы выполняются при разбивке трассы?
2. Какие способы детальной разбивки кривой вы знаете?
3. Какие точки кривой называются главными?
4. Как выполняется детальная разбивка кривой способом прямоугольных координат?
5. Как выполняется детальная разбивка кривой способом проложенных хорд?

## Практическое занятие № 37-39

*Тема*: **Вычисление планировочной отметки площадки и составление картограммы земляных работ. Подсчет объемов.**

*Цель работы:* Научиться вычислять планировочную отметку площадки и приобрести навыки в последовательности составления картограммы земляных работ.

*Материалы и принадлежности:* исходные данные для расчета (выдаются преподавателем), рабочая тетрадь, чертежные принадлежности, миллиметровая бумага.

*Содержание практического занятия*

1. Вычислить планировочную отметку площадки.
2. Составить картограмму земляных работ
3. Посчитать объемы земляных работ

*Основные теоретические понятия*

Для разработки проекта *вертикальной планировки* широко используются данные нивелирования по квадратам. Для этого участок разбивают на квадраты и определяют отметки земли (чёрные отметки) в вершинах квадратов.

*1. Вычисление планировочной отметки площадки.* Исходными данными для составления картограммы земляных работ являются отметки земли, которые подписывают под горизонтальной стороной квадрата справа от вершины (Рисунок 38).

От выбора планировочной отметки горизонтальной площадки зависит объём земляных работ. Он будет *минимальным*, если *проектная отметка выбрана из условия нулевого баланса*, т. е. равенства объёмов земляных масс выемки и насыпи в пределах планируемой площадки.

Планировочная отметка горизонтальной площадки в этом случае вычисляется для четырехугольных призм по следующей формуле:

$$H_{проектное} = \frac{\left(\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4\right)}{4n}$$

где n – число квадратов на площадке; ΣH1 – сумма условных отметок вершин, принадлежащих только одному квадрату; ΣH2 – сумма условных отметок вершин, общих для двух смежных квадратов; ΣH3 – сумма условных отметок вершин, общих для трёх смежных квадратов; ΣH4 – сумма условных отметок вершин, общих для четырех смежных квадратов.

Планировочную отметку (красную) подписывают над чёрной отметкой в вершине квадрата (Рисунок 38).

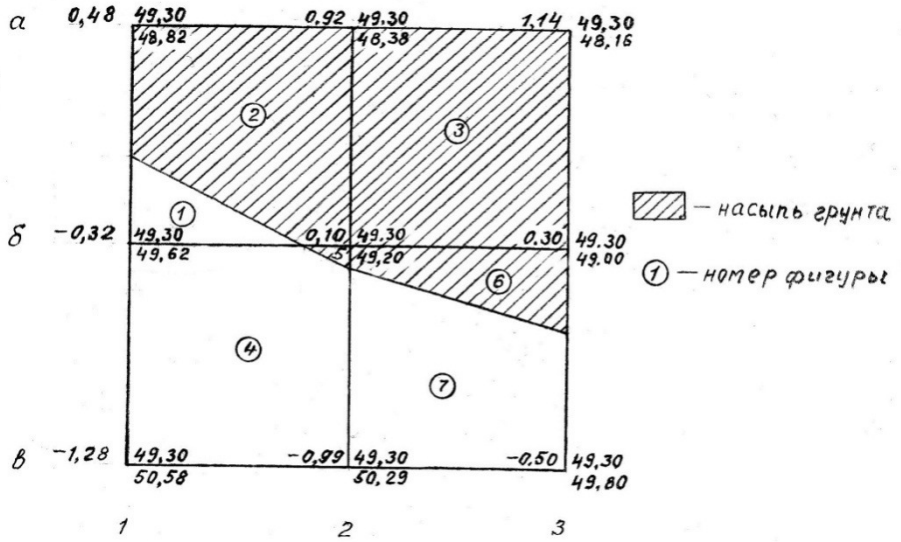



Рисунок 38.

*2.Составление картограммы земляных работ*

На каждую вершину квадрата выносят чёрные и планировочные отметки.

Вычисляют рабочие отметки вершин квадратов по формуле:

$$h_{раб} = H_ф - H_{проект}$$

и выписывают их на картограмму земляных работ слева от планировочной отметки над горизонтальной стороной квадрата синим цветом (Рисунок 38).

*Определение положения нулевых точек.* На вершинах квадрата, где имеются рабочие отметки с плюсом и минусом, определяют на стороне его положение *нулевых точек.*

Расстояние «X» от вершины квадрата до точек нулевых работ определяют по формулам:

$$x_н = \frac{h_Н \times d}{|h_Н + h_В|}, \qquad x_В = \frac{|h_В| \times d}{|h_Н + h_В|}$$

где, $h_Н$ и $h_В$ – рабочие отметки на вершине квадрата, соответственно в насыпи (положительные) и в выемки (отрицательные), d – сторона квадрата, d=20,0 м

Вычисленные значения расстояний X отложить в масштабе на соответствующих сторонах квадратов. После чего точки соединяются прямыми линиями последовательно между собой и получают *линию нулевых работ.* Быстрее и проще определяются положения нулевых точек графически, как было выполнено это на картограмме при её составлении (Рисунок 39).

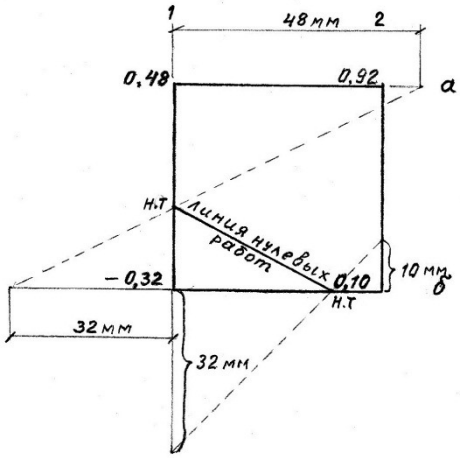



Рисунок 39. Графическое определение положения нулевых точек

Используя полярность осей в геодезии, величины с плюсом откладываются отрезками по боковым сторонам квадратов вверх (на север) и вправо (восток); величины с минусом – в противоположные направления т, е, вниз и налево. Значения величин рабочих отметок удобнее откладывать по линейке в мм. Для этого убираются запятые, а целое число читается в мм.

*Вычисление объёмов земляных работ по картограмме.* При подсчёте объёмов земляных масс по картограмме, результаты вычислений сводятся в таблицу, называемую «Ведомость объёмов земляных работ». Вычисление объёмов работ производится по рабочим отметкам вершин квадратов.

По углам квадратов имеются рабочие отметки со знаками «плюс» и «минус», по которым определены положения нулевых точек на сторонах квадратов. Соединяя эти точки последовательно прямыми линиями между

собой, получают *линию нулевых работ*, которая делит строительную площадку на контуры насыпей и выемок. Для разделения контуров один из них штрихуют. В нашем примере заштрихован контур насыпи (рабочие отметки вершин квадратов которого положительные) (Рисунок 40).

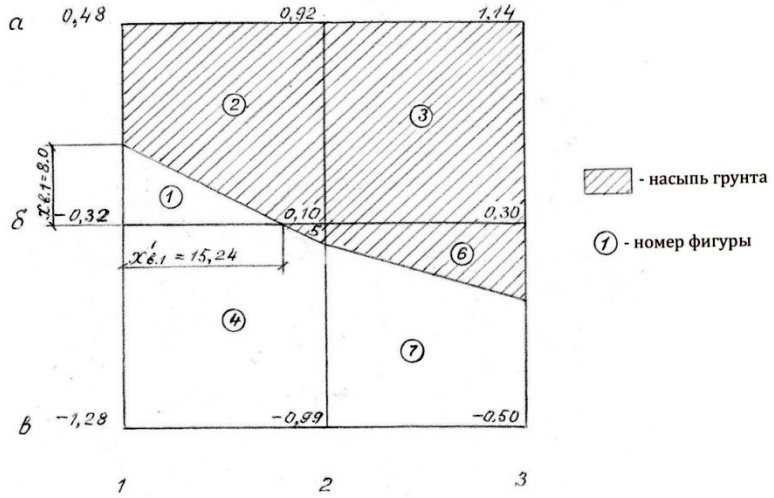



Рисунок 40. Подсчёт объёмов земляных работ

В каждом контуре образовались геометрические фигуры в виде треугольников, трапеций, квадратов и пятигранников. Перед вычислением объёмов работ их нумеруют. Объёмы земляных работ по каждой фигуре вычисляются по следующей формуле:

$$V = S \times h_{ср} ,$$

где, S – площадь фигуры, м$^2$, $h_{ср}$ – средняя рабочая отметка вершин фигуры, м.

Результаты вычислений заносят в Таблицу 12.

Таблица 12

| № фигуры | Площадь, м$^2$ | Средняя рабочаяотметка фигуры, м | Объём, м$^3$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Насыпь (–) | Выемка (+) |
| 1 | | | | |
| … | | | | |
| ..10 | | | | |
| | | | $\sum V_{насыпи}$ | $\sum V_{выемки}$ |

Определяется баланс земляных работ по формуле:

$$Д = \frac{\sum |V_{насыпи}| - \sum |V_{выемки}|}{\sum |V_{насыпи}| + \sum |V_{выемки}|} \times 100\%$$

Предельное расхождение допускается не более 5%.

*Порядок выполнения работы*

Задача №1. По данным выданным преподаватель вычисляем проектную отметку по формуле:

$$H_{проектное} = \frac{\left(\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4\right)}{4n}$$

*Пример.* $\sum H_1$ = 48,82 + 48,16 + 49,80 + 50,58 = 197,36 м

$\sum H_2$ = 48,38 + 49,00 + 50,29 + 49,62 = 197,29 м

$\sum H_4$ = 49,20 м

$$H_{пл.} = \frac{197{,}36+2*197{,}29+4*49{,}20}{4*4} = 49{,}30 \text{ м}$$

Задача №2. По полученной проектной отметке . определяем рабочую. Начинаем с вершины *а1*.

$h_{р.а1}$ = 49,30 – 48,82 = 0,48 м

Аналогично вычисляем рабочие отметки всех вершин квадратов.

Рабочие отметки со знаком *плюс* обозначают *насыпь,* а с *минусом* - *планировочные и рабочие – красным.*

По полученным рабочим отметка определяем линию нулевых работ любым способом. Линию нулевых работ на картограмме обозначаем красным цветом.

Задача №3.Определяем объёмы фигур 1 и 2. Вычисление удобнее производить по порядку заполнения граф в «Ведомости объёмов земляных работ».

Для фигуры 1, образованной треугольником, средняя рабочая отметка равна

$$h_{ср.1} = \frac{-0.32 + 0 + 0}{3} = -0.107 \text{ м},$$

Площадь фигуры 1- треугольника, равна половине произведения катетов (сторон):

$$S_1 = \frac{x_{B.1} \times x_{B.1}'}{2}$$

одна из которых является высотой, а другая основанием, определяемых по формулам:

$$x_{B.1} = \frac{|0.32| \times 20.0}{|0.32 + 0.48|} = 8.0 \text{ м} \qquad x_{B,1}' = \frac{|0.32| \times 20.0}{|0.32 + 0.10|} = 15.24 \text{ м}$$

$$S_1 = \frac{8.0 \times 15.24}{2} = 60.96 \text{ м}^2$$

Объём грунта фигуры 1 вычисляется по формуле:

$$V_1 = 60{,}96 \times (-0{,}107) = -6{,}52 \text{ м}^3$$

Знак «минус» перед значением объёма обозначает выемку.

Результаты вычислений заносятся в ведомость для строки фигуры 1.

Для фигуры 2, являющейся пятигранником, средняя рабочая отметка равна

$$h_{ср.2} = \frac{0{,}48 + 0{,}92 + 0{,}10 + 0 + 0}{5} = 0.30 \text{ м}$$

Площадь фигуры 2 определяется, как разность площади квадрата (20,0х20.0) минус площадь фигуры 1, т. е.

$$S_2 = 400.0 - 60.96 = 339.04 \text{ м}^2$$

Объём фигуры 2 равен:

$$V_2 = 339{,}04 \times 0{,}30 = 101{,}71 \text{ м}^3$$

Аналогичные вычисления объёмов работ выполнены для остальных фигур и производились в следующей последовательности: 3, 5, 4, 6, 7. Результаты вычислений занесены в ведомость объёмов земляных работ. Контролем правильности вычислений является приблизительное равенство объёмов насыпи и выемки. Расхождение $\Delta V$ в объёмах не должно превышать 5% от общего объёма земляных работ $V_{общ}$

*Контрольные вопросы*

1. Что называется картограммой земляных работ?
2. Что называется рабочей отметкой?
3. По какой формуле вычисляется рабочая отметка?
4. Что обозначает знак рабочей отметки?
5. Что называется точкой нулевых работ?
6. Как определяется положение нулевых точек на картограмме?
7. Что называется линией нулевых работ и что она разделяет?
8. По какой формуле вычисляется объём фигуры?
9. Как контролируется правильность вычислений при балансе земляных масс на планируемой площадке?

## Практическое занятие № 40-41

*Тема*: **Геодезическая подготовка проекта для выноса его на местность.**

*Цель работы:* Познакомится со способами подготовки данных для разбивочных работ. Приобрести практические навыки при подготовке проекта.

*Материалы и принадлежности:* исходные данные для расчета (выдаются преподавателем), рабочая тетрадь, чертежные принадлежности.

*Содержание практического занятия*

1. Подготовить данные для перенесения проекта сооружения на местность аналитическим способом.

*Основные теоретические понятия*

Методика подготовки данных для разбивочных работ и точность перенесения сооружений в натуру зависят в известной мере от методапроектирования. Однако во всех методах в той или иной мере присутствуют три способа подготовки данных для разбивочных работ: графический, аналитический и графоаналитический.

***Графический способ*** заключается в том, что координаты выносимых на местность точек определяются на генплане графически, при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки. Точность этих данных зависит

от масштаба плана и деформации бумаги, на которой составлен план. Чем крупнее масштаб плана, тем выше точность получаемых с плана линейных величин.Если учесть, что проектирование производится на копиях топографических планов, то реальная точность будет ещё ниже. Поэтому графический метод подготовки, будучи наименее точным, применяют крайне редко, лишь для разбивок, не требующих взаимной увязки разбиваемых точек.

***Аналитический способ*** заключается в вычислении координат проектных точек, решением прямых геодезических задач. Для решения прямых геодезических задач необходимые данные (длины линий и дирекционные углы) находят или берут из геометрических связей между осями, элементами и конструкциями зданий и сооружений, используют аналитические связи между исходными пунктами и разбиваемыми. Дирекционные углы и длины линий могут быть найдены из решения обратных геодезических задач, а разбивочные углы как разность дирекционных углов направлений.

***Графоаналитический способ*** представляет собой сочетание аналитического и графического способов.

*Порядок выполнения работы*

При помощи циркуля и поперечного масштаба на план строительной площадки наносят угловые точки А, В, Е, F двух запроектированных зданий относительно существующего здания школы в соответствии с размерами, указанными на рисунке 41.

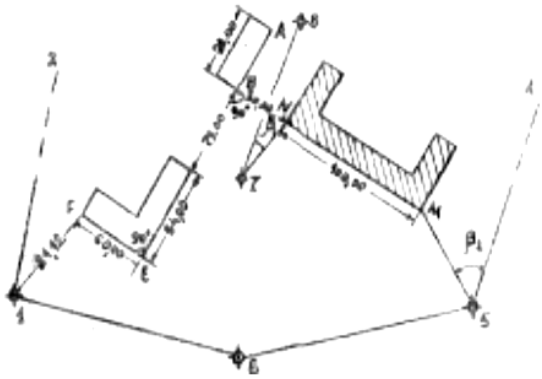


Рисунок 41.

Известны также данные геодезической привязки: горизонтальные углы $\beta_1$= 19º33,2' и $\beta_2$=17˚00,0' и длины линий ($d_{7\text{-}N}$=39,36 м и $d_{5\text{-}M}$=53,90 м, а также исходные дирекционные углы сторон теодолитного хода $\alpha_{4\text{-}5}$, $\alpha_{7\text{-}8}$ и координаты точек 5 и 7, вычисляют координаты точек М и N и затем точек А В, Е и F сооружений (Рисунок41). Предположим, из ведомости вычисления координат взяты следующие исходные дирекционные углы(Таблица 13) и координаты(Таблица 14).

Таблица 13.

| Сторона хода | Дирекционный угол |
|---|---|
| 1-2 | 45° 07,5′ |
| 4-5 | 240° 09,6′ |
| 6-1 | 326 °18,2′ |
| 7-8 | 52° 16,0′ |

Таблица 14

| Номерточки | Прямоугольныекоординаты | |
|---|---|---|
| | X | Y |
| 1 | +500,00 | +500,00 |
| 5 | +335,42 | +730,65 |
| 6 | +390,05 | +573,29 |
| 7 | +464,88 | +695,86 |
| 8 | +522,58 | +770,37 |

Дирекционные углы направлений 7-N и 5-M определяем по формуле:

$$\alpha_{7-N=}\alpha_{7-8} + \beta_1$$

$$\alpha_{5-M} = \alpha_{4-5} + 180° - \beta_2$$

Используя данные привязки и исходные данные (Таблица 13), вычисляют дирекционные углы:

$\alpha_{7\text{-}N}$ = 52˚16,0' + 19˚33,2' = 71˚49,2'

$\alpha_{5\text{-}M}$ = 240˚09,6' + 180˚00' - 17˚00'= 60˚09,6' - 17˚00' = 43˚09,6'

Для контроля правильности вычисления дирекционных углов их сравнивают с измерениями на плане. В нашем примере получено:

$\alpha_{7\text{-}N}$ =71˚30'; $\alpha_{5\text{-}M}$ = 43˚30', что свидетельствует оботсутствии грубых ошибок в вычислениях.

Вычисления координат точек M и N выполняют по формулам прямой геодезической задачи:

$X_2= X_1+\Delta X$; $Y_2= Y_1+\Delta Y$,

где $\Delta X$=d cosr, $\Delta Y$=d sinr., d - длина линии 7-N или 5-M, r- румбы тех же линий, $X_1;Y_1$ - координаты точек начала линий7-N и 5-M, т.е. координаты точки 7 или 5, $X_2;Y_2$ - координаты концов этих же линий– координаты точки N и M.

Вычисления располагают в Таблице15

При вычислении приращений координат $\Delta X$ и $\Delta Y$ необходимо обратить внимание на определение знаков приращений координат по названиям румбов $r_{7\text{-}N}$ и $r_{5\text{-}M}$.

Аналогично вычисляют и координаты точки M. Для контроля сравнивают вычисленные и определенные графически с плана координаты точек N и M.

Таблица 15

| Обозначения | 7-N | 5-M |
|---|---|---|
| α<br>румб r<br>d | 71°49,2′<br>СВ: 71°49,2′<br>39,36 | 43°09,6<br>СВ: 43°09,6<br>53,90 |
| $X_1$<br>ΔX<br>$X_2$ | +464,88<br>+12,28<br>+477,16 | +335,42<br>+39,32<br>+374,74 |
| $Y_1$<br>ΔY<br>$Y_2$ | +695,86<br>+37,40<br>+733,26 | +730,65<br>+36,87<br>+767,52 |

При вычислении приращений координат ΔX и ΔY необходимообратить внимание на определение знаков приращений координат поназваниям румбов$r_{7\text{-}N}$ и $r_{5\text{-}M}$.

Приращения координат получились равными:

ΔX= 39,36 x0,31200 =+ 12,28; ΔY= 39,36 x0,95008 =+ 37,40.

Аналогично вычисляют и координаты точки M.

Для контроля сравнивают вычисленные и определенные графически с плана координаты точек N и M.

Вычисляем дирекционный угол и длину линии MN, решая обратную геодезическую задачу по формулам:

$$\tan r_{MN} = \frac{Y_N - Y_M}{X_N - X_M} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}, \quad d = \frac{\Delta X}{\cos r_{MN}} = \frac{\Delta Y}{\sin r_{MN}}, \quad d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

По знакам приращений координат определяют название румба и вычисляют дирекционный угол.

Вычисленная длина линий MN должна быть равна108,00 м. (Рисунок41). Допустимое отклонение от этой величины, намеренной на местности при привязке не должно превосходить0,02 м. Этотконтроль гарантирует правильность вычисления координат точек M иN и дирекционного угла$\alpha_{MN}$ . Последующие вычисления без соблюдения этого контролявыполнить нельзя.

Вычисления располагают в Таблице м16.

Таблица 16

| | | | |
|---|---|---|---|
| $X_N$<br>$X_M$ | +477,16<br>+374,74 | tg r<br>Румб r | 0,33450<br>СЗ: 18°29,7′ |
| $\Delta X = X_N - X_M$ | +102,42 | α | 341°30,3′ |
| $Y_N$<br>$Y_M$ | +733,26<br>+767,52 | $d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$<br>$d = \frac{\Delta x}{\cos r}$ | 108,00<br>108,00 |
| $\Delta Y = Y_N - Y_M$ | -34,26 | $d = \frac{\Delta y}{\sin r}$ | 108,00 |

Затем вычисляют координаты точек сооружений B, A, E и F. Исходными координатами являются координаты точки N.

В зависимости от расположения точки на плане выбирают подходящий способ выноса этой токи на местности (полярных координат, угловых засечек, линейных засечек, прямоугольных координат с использованием строительной сетки)

Рассмотрим самый простой способ – *способ полярных координат*

Для перенесения точки F на местность способом полярных координат необходимо счислить разбивочные элементы: длину линии d и горизонтальный угол β (Рисунок42).

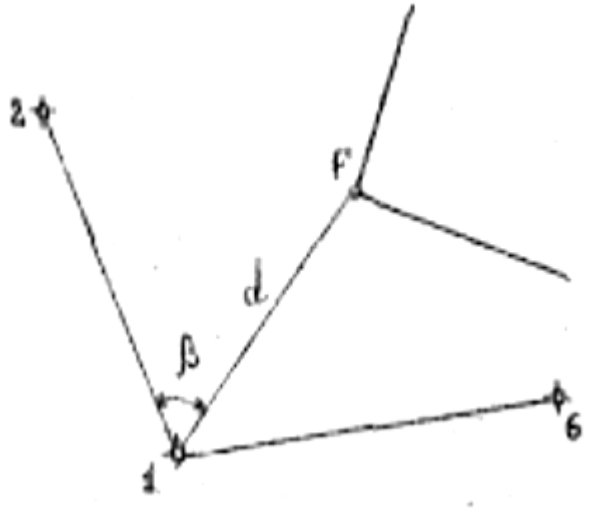



Рисунок 42 . Схема. Способ полярных координат

Вычисления выполняют по формулам обратной геодезической задачи и располагают в Таблице 17.

Таблица 17.

| Обозначения | 1-F | |
|---|---|---|
| $X_1$<br>$X_2$<br>$\Delta X = X_2 - X_1$ | +500,00<br>+520,32<br>+20,32 | |
| $Y_1$<br>$Y_2$<br>$\Delta Y = Y_2 - Y_1$ | +500<br>+578,58<br>+78,58 | |
| tg r<br>румб r<br>α | 3,86712<br>СВ:75°30,1″<br>75°30,1′ | |
| $d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$<br>$d = \frac{\Delta x}{\cos r}$<br>$d = \frac{\Delta y}{\sin r}$ | 81,16<br>81,16<br>81,16 | β=30°22,6′ |

Координаты точки 1 ($X_1$,$Y_1$) теодолитного хода выписывают из таблицы исходных координат (см. Таблицу 14), а координаты точки F ($X_2$,$Y_2$) . Дальнейшие вычисления в Таблице17 аналогичны выполненным в таблице 5. Вычисляя данные для разбивки, одновременно выполняют аналитический контроль правильности вычисления координат точки F в, сравнивая вычисленную длину d (Рисунок 42) с длиной этой же линии, показанной на Рисунке 41.

Допустимое отклонение0,04 м.

Разбивочный угол определяют как разность дирекционных углов направлений по формуле:

$\beta=\alpha_{1\text{-}F}-\alpha_1=75^\circ30{,}1' - 45^\circ07{,}5' = 30^\circ22{,}6'$

Полученные разбивочные элементы β и d выписываются на разбивочный чертеж.

*Контрольные вопросы:*

1. Что значит перенести проект сооружения на местность?
2. Что такое разбивочный чертеж и что на него наносится?
3. Какие существуют способы подготовки данных для составления разбивочных чертежей и в чем их сущность?
4. Что называется геодезической основой для перенесения проекта сооружения на местность?

## Практическое занятие № 42

*Тема*:**Решение геодезических задач. Определение неприступных расстояний.**

*Цель работы:* Приобрести практические навыки в определении расстояния до неприступного объекта по косвенным данным.

*Материалы и принадлежности:* исходные данные для расчета (выдаются преподавателем), рабочая тетрадь, чертежные принадлежности.

*Содержание практического занятия*

1. Определить расстояние до неприступного объекта по косвенным данным.

*Основные теоретические понятия*

***Неприступное расстояние*** – это расстояние до объекта, находящегося в поле зрения наблюдателя, которое не может быть измерено непосредственно. Это чаще всего связано с наличием на местности каких-то препятствий (забор, водоем и т.п.). В таком случае прибегают к косвенному способу измерений, когда измеряются какие-то дополнительные величины (линейные или угловые), а искомое расстояние вычисляется с их помощью.

Неприступное расстояние определяют, как правило, из системы двух треугольников, построенных на основе измеренных базисов. Базисы разбивают на слабопересеченной местности, длина их должна быть не менее половины измеряемого расстояния. Базисные расстояния измеряют лентой или рулеткой с точностью 1/2000–1/3000, углы – теодолитом полным приемом. Схема определения неприступного расстояния показана на Рисунке 43. Из решения треугольников ABC и ADC определяют неприступное расстояние по формулам:

$$\text{AC} = \frac{\text{Б}_1 \sin\beta_1}{\sin(\beta_1 + \beta_2)}$$

$$\text{AC} = \frac{\text{Б}_2 \sin \beta_4}{\sin(\beta_3 + \beta_4)}$$

Относительная погрешность двух вычисленных значений неприступного расстояния не должна превышать 1/1000. При этом условии неприступное расстояние принимается равным среднему арифметическому двух вычисленных.

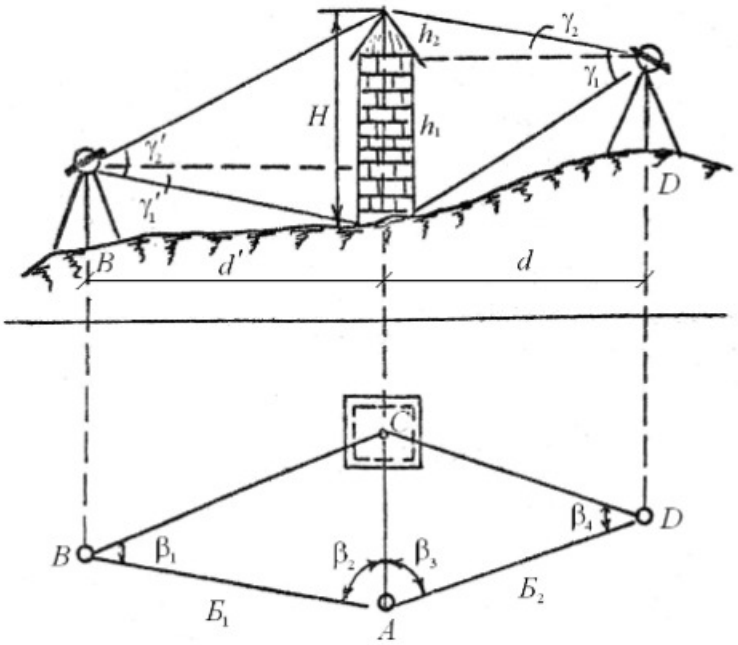



Рисунок 43. Схема определения неприступного расстояния и высоты сооружения

*Порядок выполнения работы*

Исходные данные: измеренные базисы AB = 98,75 м, AD = 98,48 м; Измеренные горизонтальные углы β1 = 62°08′, β2 = 71°47′, β3 = 84°16′, β4 = 54°23′.

Вычисляем неприступное расстояние по формулам:

$$\text{AC}^1 = \frac{98{,}75 \sin 62°08'}{\sin(62°08'_1 + 71°47')} = 121{,}21 \text{ м}$$

$$\text{AC}^2 = \frac{98{,}48 \sin 54°23'}{\sin(84°16' + 54°23')} = 121{,}17 \text{ м}$$

Определяем среднее значение неприступного расстояния AC:

$$\text{AC}_{\text{ср}} = \frac{\text{AC}^1 + \text{AC}^2}{2} = \frac{121{,}21 + 121{,}17}{2} = 121{,}19 \text{ м}$$

*Контрольные вопросы:*

1. Что называется неприступным расстоянием?
2. Почему возникает необходимость определения расстояния как неприступного?
3. Какие измерения выполняют при определении неприступного расстояния?

4. Каким условиям должны удовлетворять углы в треугольнике и почему?
5. Как читается и записывается теорема синусов?
6. Какое условие треугольника применяют при решении неприступного расстояния?
7. Что служит контролем определения неприступного расстояния?

## Практическое занятие № 43

*Тема*:**Спутниковые геодезические приборы и измерения.**

*Цель работы:* Изучить состав, назначение, современных спутниковых геодезических приборов, выполнить внешний осмотр, проверку взаимодействия сборочных единиц.

*Материалы и принадлежности:* спутниковый приемник(комплект*),* рабочая тетрадь, чертежные принадлежности.

*Содержание практического занятия*

1. Изучить устройство приемника GPS. Изучить руководство пользователя приемника. Написать названия основных частей. Составить схему прибора.

*Основные теоретические понятия*

*Спутниковые геодезические измерения выполняют с помощью аппаратуры, работающей по сигналам спутников навигационных систем GPS (GlobalPositioningSystem, США) и ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система, Россия). В Европейском союзе ведутся работы по созданию еще одной системы - GNSS-2 «GALILEO».*

Несмотря на то, что изначально спутниковые технологии были направлены исключительно на военные нужды, сегодня они широко используются в гражданских целях и в быту. Например, приемники GPS продаются во многих магазинах, торгующих электроникой (мобильные телефоны, смартфоны, наручные часы, онбордеры и т.д.). С помощью спутниковых технологий можно определять точные координаты точек и границы земельных участков; создавать электронные карты; осуществлять воздушную, морскую и наземную навигацию; осуществлять сотовую связь; производить наблюдения за тектоническими процессами и обеспечивать индустрию развлечений (игры).

Существенным недостатком использования любой радионавигационной системы является то, что при определённых условиях сигнал может не доходить до приёмника, или приходить со значительными искажениями или задержками. Нормальному приёму сигналов могут повредить помехи от многих наземных радиоисточников, например, при преднамеренно создаваемых помехах «глушилками».

GPS реализована и эксплуатируется министерством обороны США и поэтому есть полная зависимость от этого органа в получении другими пользователями точного сигнала.

Спутниковая навигационная система включает в себя: подсистему космических аппаратов; подсистему контроля и управления; подсистему аппаратуры потребителей.

*Подсистема космических аппаратов* состоит из 24 искусственных спутников Земли, обращающихся вокруг Земли по орбитам, близким к круговым, на высоте около 20000 км. В любом месте Земли на высоте более 15° над горизонтом одновременно видны от 4 до 8 спутников. (Рисунок 44)

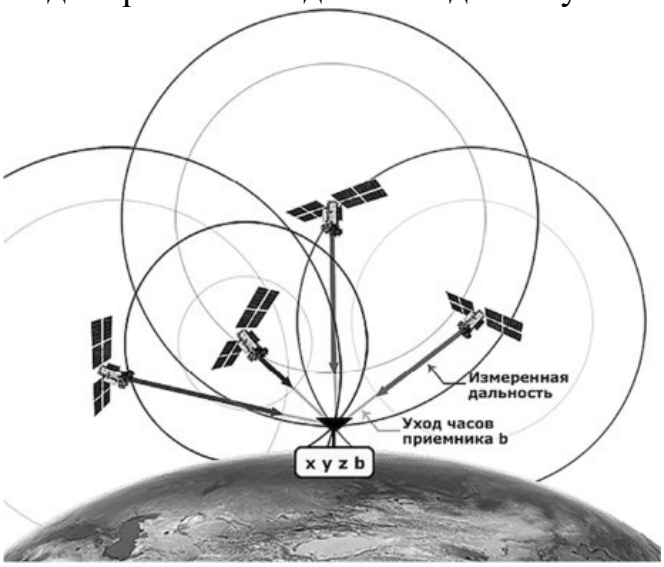



Рисунок 44. Принцип работы спутниковой системы Глонасс

Спутники принимают и хранят информацию с наземных станций, а также непрерывно излучают для пользователей измерительные радиосигналы, данные о времени, свои координаты и другие данные. Для спутниковых определений установлены свои геодезические пространственные координаты с началом в центре масс Земли. Навигационное сообщение представляет собой файл, включающий следующие данные: коэффициенты полинома для вычисления ошибки часов спутника, элементы орбиты для вычисления пространственных прямоугольных координат спутника, параметры для вычисления ионосферной поправки, приближенные элементы орбит всех спутников и др.

***Определение местоположения*** с помощью спутников основано на измерении расстояний от спутников до приемника, по скорости и времени распространения радиоволн.

***Аппаратура***, входящая в состав геодезического спутникового приемника, имеет общую массу от 4 до 8 кг, рабочий диапазон температур от -20° до +60°, продолжительность непрерывной работы аккумулятора 6 - 8 часов. Измерения в геодезии выполняют комплектом, состоящим из двух и более геодезических спутниковых приемников.

Если измерить дальности до трех спутников, то зная их координаты, методом линейной засечки можно определить координаты точки стояния приемника. Однако, в силу разного рода причин, определенное расстояние до спутника будет содержать погрешности (псевдодальность). Поэтому, чтобы правильно вычислить координаты по псевдодальностям, производят измерения расстояний как минимум до четырех спутников.

*Спутниковая геодезическая аппаратура обеспечивает возможность работы в различных режимах.*

*В режиме «Статика»* одновременные измерения на двух или нескольких пунктах выполняются неподвижными приемниками. Один из приемников принимают за базовый. Положение остальных приемников определяется относительно базового. Измерения в режиме «Статика» выполняют, как правило, на больших расстояниях между пунктами (свыше 15 км). Время наблюдений зависит от расстояния между пунктами, числа спутников, состояния ионо- и тропосферы, требуемой точности и составляет обычно не менее 1 ч.

*Режим «Быстрая статика»* позволяет сократить продолжительность измерений, благодаря возможности применения на линиях до 15 км активных алгоритмов разрешения неоднозначности. Продолжительность наблюдения в этом режиме составляет 5-20 мин.

*Режим «Реоккупация"* используется, когда нет одновременной видимости на необходимое число спутников. Тогда измерения выполняют за несколько сеансов, накапливая нужный объем данных. На этапе компьютерной обработки все данные объединяют для выработки одного решения.

*Режим "Кинематика"* служит для определения координат передвижной станции в ходе ее перемещения. При работе в этом режиме необходимо, чтобы приемники на базовой и передвижной станциях поддерживали непрерывный контакт со спутниками в течение всего времени измерений. До начала движения выполняют инициализацию - разрешение неоднозначности фазовых измерений.

*Режим "Стой-иди"* - такая разновидность кинематического режима, когда передвижную станцию перемещают с точки на точку, делая на каждой точке остановку и выполняя для повышения точности несколько эпох измерений в течение 5-30 с.

На российском рынке достаточно широко представлены спутниковые приемники различного класса и назначения производства ряда известных зарубежных фирм: Leica (Швейцария), Trimble (США), SpectraPrecision, Sokkia, Nicon и Topcon (Япония), CarlZeiss (Германия), Geotronics (Швеция), South (Корея), Sercel (Франция) и др. Одно из требований, предъявляемое временем к GPS оборудованию - это возможность использования различных навигационных систем, которые действуют сейчас: GPS, ГЛОНАСС и перспективные Galilleo.

*Порядок выполнения работы*

Изучить на занятии устройство приемника GPS. Составить схему прибора. Подробно описать. Изучить и кратко законспектировать руководство пользователя.

*Контрольные вопросы*

1. Назовите основные спутниковые навигационные системы
2. Каков принцип определения местоположения по спутникам
3. Назовите основные режимы работы спутниковой аппаратуры
4. Назовите основные части приемника GPS

## Рекомендуемая литература

1. Киселев М.И.; Михелев Д.М. Геодезия: учебник для студентов СПО. / М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев. – 13-е изд., стер. – М. Академия, 2017 г.- 384 с.

Дополнительная литература:

2. Е.В Золотова, геодезия с основами кадастра; Трикста , 413 с (осн.)